II-10.707

SINTEZE LYCEUM

NESTOR LUPEI

II-10707

ZESTREA ENERGETICĂ A LUMII

EDITURA ALBATROS

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

SINTEZE LYCEUM

NESTOR LUPEI

ZESTREA ENERGETICA A LUMII

Cu un *Cuvînt înainte* de VIOREL SĂLĂGEAN

056711
B.C.U. - IASI

EDITURA ALBATROS • BUCUREȘTI • 1986

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

O MARE PROBLEMĂ A OMENIRII

Un amator de statistici a constatat că, în ultimii 15 ani, cele mai multe cărți, care au fost publicate în lume, au avut ca subiecte energia și drogurile. Sau drogurile și energia. Cît ar părea de bizară această asociere, ea vine ca o confirmare quasi-obiectivă a realității unei lumi zbuciumate, o lume plină de controverse și dileme, o lume cînd optimistă pînă la entuziasm, cînd prăbușită în incertitudini și obsesii. Problemele energiei și ale drogurilor sînt alături de eternele probleme ale omenirii — războiul și pacea, foametea și supraîndestularea, supercivilizația și subdezvoltarea — „creații" ale unui timp istoric de dată recentă și, cît ar părea de forțată constatarea, ele au un izvor comun: lipsa de cumpătare a omului. Problema energiei (criza energetică) a apărut într-un moment cînd omul, drogat de virtuțiile asaltului economic în sine, a uitat să privească, fie și numai cu un singur ochi, spre resursele energetice utilizabile limitate ale Terrei; iar delicata problemă a drogurilor s-a ivit ca o alternativă a disperării, ca un refugiu în lumea albă din calea unei lumi împătimite de concurență, care își măsoară supremația prin puterea banului, negînd ceea ce omenirea a purtat prin mileniile existenței — sensibilitatea sufletească.

Iată că în această lume plină de contradicții, dar și puternic angajată în cursa pentru progres, un om, distins profesor, dr. Lupei, își înșiră în fraze meticulos orînduite, capitolele unei cărți care fără să o spună răspicat, propune cititorului o incursiune — îndrăzneață și plină de învățăminte — în zestrea energetică a lumii. El nu dă verdicte — și acesta este poate, unul din meritele acestei cărți —, nu propune ierarhii, ci, pur și simplu, constată, cu

erudiția omului deprins cu rigorile studiului științific, ce s-a întîmplat și ce se întîmplă cu sursele de energie ale Terrei, cît sînt și ele de mari, în funcție de conținut, și cum sînt răspîndite pe glob, ce trebuie să se facă pentru conservarea sau mai judicioasa exploatare a lor, care este „schimbul de mîine" pe care îl pregătește omenirea surselor clasice de energie. Și cîte și mai cîte, ca om, care trăiește într-o lume ce simte din plin efectele crizei energetice, nu poți să nu citești această carte cu real interes, urmărind mereu, ca într-un bun film de aventuri, ce se întîmplă cu această impresionantă aventură a umanității, care se numește energia. Este punctul în care se cuvine să remarcăm valoarea documentară și instructivă incontestabilă a cărții adunate cu răbdare de artizan de profesorul Nestor Lupei.

Citind în manuscris această carte, gîndurile m-au purtat spre cîteva reflecții cu caracter mai larg privind marea problemă a omului și a întregii omeniri care este energia.

Ar putea fi, oare, imaginată civilizația modernă fără energie? Cu siguranță că nu! Omenirea are nevoie acută de energie pentru a pune în mișcare angrenajele tot mai complexe ale noii revoluții industriale, pentru a dezvolta toate ramurile producției materiale, pentru a menține sau a ridica pe o treaptă mai înaltă confortul fiecăruia și al tuturor, pentru a asigura progresul multilateral al civilizației contemporane.

Energia și-a instituit un rol bine determinat asupra existenței umane în acest sfîrșit de mileniu. Setea de energie a planetei a crescut într-un ritm galopant în ultimele decenii și nu există nici un semn că ea va putea fi potolită curînd. Dacă în 1925 consumul energetic al întregii omeniri era de circa 1,5 miliarde tone echivalent cărbune, în 1960 acesta a crescut la 2,8 miliarde tone, în 1970 la 7 miliarde tone, iar în prezent la peste 11 miliarde tone. O creștere spectaculoasă, care pune în relație directă progresul economic general cu consumul mereu mai mare de energie. Tendință ce nu va putea fi stăvilită nici în deceniile viitoare, consumul energetic mondial pentru anul 2000 evaluîndu-se la circa 25 miliarde tone echivalent cărbune.

Sînt semne limpezi că lumea își refuză fie și numai ideea unui crah energetic de proporții, în marea majo-

ritate a țărilor lumii căutîndu-se soluții viabile pentru evadarea din criza energetică, pentru stăpînirea tuturor proceselor pe care le implică producția și consumul de energie potrivit cerințelor progresului. Într-un șir de țări, iarna aspră care a trecut a situat în fața unui greu examen pe specialiștii și strategii din domeniul energetic. Nu a fost un examen ușor nici pentru țara noastră, care nu dispune de bogate resurse energetice, așa cum dispun alte țări europene sau de pe alte continente. Obiectivul major stabilit de conducerea partidului a fost ca, în ciuda greutăților intervenite în funcționarea hidrocentralelor și a unor termocentrale pe cărbune, să se asigure o riguroasă distribuire a energiei existente, în așa fel ca activitatea să se desfășoare normal în toate sectoarele. Măsurile stabilite în conformitate cu indicațiile tovarășului Nicolae Ceaușescu, cu privire la utilizarea energiei, au creat și asigură condiții pentru buna desfășurare a activității economico-sociale în continuare. Problema asigurării energiei necesare desfășurării normale a vieții economico-sociale este de maximă actualitate, soluționarea ei fiind de neconceput fără participarea responsabilă, angajantă, deopotrivă a producătorilor de energie, a constructorilor de noi capacități energetice și a consumatorilor. Este limpede că nu vom putea consuma mai multă energie decît vom produce și nu vom putea produce mai multă energie decît vor fi în măsură să furnizeze agregatele din centrale bine întreținute, exploatate rațional și alimentate ritmic cu combustibil. De aici și cerința majoră de a continua, pe un plan superior, atît măsurile de economisire severă a energiei, cît și cele privind asigurarea tuturor condițiilor pentru exploatarea rațională a resurselor energetice ale țării.

Se desprinde limpede concluzia că partidul nostru situează rezolvarea problemelor energetice în centrul politicii sale economice, abordînd complex, într-o perspectivă globală, toate aspectele pe care le incumbă aceasta, antrenînd colectivele de oameni ai muncii la găsirea celor mai bune soluții.

Pe plan mondial — chiar dacă prețul petrolului a înregistrat o tendință accentuată de scădere la începutul anului 1986 — criza energetică ține concentrată atenția deopotrivă a politicienilor, a oamenilor de știință și a cetățeanului de rînd. Țările care au resurse energetice

mai sărace caută să le exploateze cu maximă chibzuință și zgîrcenie, privind cu speranță spre sursele noi de energie, iar cele care dispun de resurse îndestulătoare caută să le ocrotească pentru a nu le epuiza prea repede. Privirile se îndreaptă, mai întîi, spre cărbune, spre energia nucleară și hidroenergie. În lume, prognozele indică, pentru sfîrșitul secolului, o producție de cărbune de 6,7 miliarde tone față de 2,5 miliarde tone în prezent. Australia și China își vor spori producția de cărbune de cinci ori, iar S.U.A. și India de peste trei ori. De asemenea, nu poate să nu impresioneze faptul că în următorii zece ani cele circa 40 de state ale lumii — între care și România — care vor dispune de energie nucleară, vor investi 800 miliarde dolari pentru construirea de noi centrale atomo-electrice cu o putere totală de 400 000 MW, de două ori mai mult decît puterea totală instalată în prezent. În domeniul hidroenergiei, statisticile indică faptul că doar o mică parte — 15 la sută — din potențialul amenajabil este valorificat.

Totodată, în toate țările lumii privirile se îndreaptă și spre resursele alternative de energie. Capătă semnificație faptul că în Kuweit, stat care nu se poate plînge deocamdată de lipsa de resurse energetice, s-a organizat în urmă cu un an prima conferință arabă consacrată utilizării energiei solare, iar în Qatar s-a trecut la realizarea primului laborator experimental modern destinat cercetărilor pentru utilizarea energiei solare și eoliene. La rîndul lor, japonezii, obișnuiți să trateze cu maximă seriozitate fiecare acțiune pe care o demarează, oferă un exemplu: 600 000 case sînt prevăzute cu sisteme de captare a energiei solare. În Uniunea Sovietică, principalul producător de țiței al lumii, creditată, de asemenea, cu importante zăcăminte de cărbune și gaze naturale, s-a trecut pe scară largă la utilizarea apelor geotermale în aprovizionarea cu apă caldă a consumatorilor industriali și casnici din Tbilisi, Samtredia, Groznîi ș.a., în prezent construindu-se o mare centrală electrică geotermală cu o putere instalată de 200 MW. La rîndul său, Departamentul energiei din S.U.A. a dispus instalarea, în statul Washington, a unui grup de generatoare eoliene care vor furniza energie unui număr de peste 3 000 de gospodării. Azi, în lume sînt în funcțiune peste 20 000 uzine electro-eoliene.

Iar șirul exemplelor ar putea continua cu detalii asemănătoare din majoritatea țărilor lumii, pretutindeni fiind limpede, grija pentru diversificarea resurselor energetice.

In soluționarea problemelor complexe ale crizei energetice, partidul nostru a urmărit și urmărește în permanență îmbinarea măsurilor și acțiunilor curente, imediate, cu cele de perspectivă. Elocvent, în acest sens, este faptul că România este una dintre puținele țări ale lumii care dispun de un program riguros de cercetare și dezvoltare în domeniul energetic în acest deceniu și de orientări principale pînă în anul 2000. Între direcțiile majore de acțiune sînt situate domenii specifice condițiilor concrete ale țării noastre, dar și ținînd seama de tendințele existente în lume: extinderea utilizării cărbunilor și a șisturilor bituminoase, dezvoltarea energeticii nucleare și a hidroenergiei, valorificarea surselor alternative — biomasa, energia soarelui, energia vîntului, energia geotermală. Practic, în fiecare din aceste domenii rezultatele sînt evidente: în 1975 producția de cărbune a României s-a ridicat la 30 milioane tone înregistrînd o creștere spectaculoasă de trei ori într-un cincinal, pentru ca la sfîrșitul acestui cincinal să se dubleze din nou; la 45 la sută va ajunge în 1985 gradul de valorificare a potențialului hidroenergetic amenajabil de care dispune țara noastră, urmărind ca pînă în anul 2000 să se asigure valorificarea integrală a acestui potențial; cele 1 400 de microhidrocentrale ce vor fi construite în acest deceniu în țara noastră vor dispune de o putere instalată de peste 1 000 MW; 260 000 tone combustibil convențional, care echivalate în petrol ar costa peste 50 milioane dolari, este cantitatea de energie primară ce va fi economisită în 1985 în țara noastră, prin extinderea utilizării energiei solare; numai într-un singur județ — Bihor — s-au economisit anual, începînd cu 1981, peste 22 000 tone combustibil convențional, prin valorificarea energiei geotermale: tot aici, la Oradea, a fost pusă în funcțiune, în 1984, prima centrală electrogeotermală din lume, care valorifică potențialul apelor geotermale cu temperaturi moderate, prețul energiei obținute fiind de trei ori mai scăzut decît în termocentrale.

Sînt numai cîteva exemple luate din multele existente, care s-ar putea înșira, la scara globului, în tot atîtea

alternative optimiste la criza energetică. Hotărît lucru, încrezătoare în forțele geniului uman creator, omenirea își continuă drumul spre progres, privind cu speranță și încredere spre marile și inepuizabilele depozite de energie ale Terrei, numite inteligență și creativitate.

Da, inteligența și creativitatea sînt adevăratele rezervoare inepuizabile de energie ale umanității. Iar alături de ele — spiritul gospodăresc, spiritul de economisire. În uriașa bătălie pentru asigurarea resurselor energetice nu-și au loc nici disperarea, nici deruta, ci căutările temeinice, răscolirea profundă a tuturor posibilităților. Nimic nu trebuie să rămînă în afara ochiului scrutător al științei, în afara ochiului exigent al bunului gospodar. Criza energetică poate fi rezolvată în geniul creator al omului!

Atît de mult s-a vorbit, în ultima vreme, despre cerința economisirii energiei, încît poți auzi destul de des afirmația: „Economisirea energiei a ajuns la o limită care nu mai poate fi depășită!"

Politica în domeniul producției de energie, cît și strategia în domeniul gospodăririi resurselor energetice constituie, în ultimă instanță, componente ale modelului economic promovat de o țară sau alta și reflectă seriozitatea cu care sînt privite implicațiile crizei energetice, răspunderea cu care generațiile actuale abordează viitorul, șansele de progres ale generațiilor de mîine. Suedia, țară bogată și avansată din punct de vedere economic, consumă cu 40 la sută mai puțină energie pe locuitor decît S.U.A., dovedind că economisirea severă a resurselor energetice nu este o „boală" a țărilor în curs de dezvoltare și că pot fi atinse cote înalte de progres economic menținînd o riguroasă austeritate în domeniul consumurilor energetice. În ultimii zece ani, țările O.E.C.C. au sporit cu 25 la sută produsul național brut, în timp ce consumul total de energie s-a redus cu 5 la sută.

Austeritatea energetică nu este o dovadă de zgîrcenie și nici măcar de sărăcie, ci ea reflectă maturitate în administrarea unei economii, competență înaltă, capacitate socială de a gospodări resursele materiale cu eficiență maximă, de a proteja rezervele de energie ale țării și, implicit, ale umanității. Ivită ca o alternativă eficace pentru ieșirea din criza energetică, economisirea s-a impus ca o prețioasă ... sursă de energie. Astăzi pe plan internațional toți afirmă că cea mai bună sursă de energie

este economisirea, deci reducerea consumului de energie. Iată de ce este necesar să se acționeze cu toată hotărîrea pentru reducerea continuă a consumului de energie și combustibil.

Ca să economisești energie trebuie să vrei, adică să ai clară conștiința necesității imperioase a acestei acțiuni, apoi să poți, adică să ai posibilitatea materială, științifică și organizatorică să realizezi acest deziderat și, în sfîrșit, să acționezi efectiv, adică să pui în mișcare întregul angrenaj civic și productiv pentru înfăptuirea programelor propuse. Preocupat îndeaproape să soluționeze problemele asigurării energiei corespunzător cerințelor dezvoltării economico-sociale, partidul nostru a acționat cu toată fermitatea pentru întronarea unui riguros regim de economisire a energiei și combustibilului atît în sectorul productiv, cît și în cel public și casnic. Ce înseamnă practic un asemenea efort susținut pentru economisirea resurselor energetice? Dacă prin absurd, s-ar fi menținut consumurile energetice la nivelul anului 1980, pentru realizarea producției planificate în acest an ar fi fost necesare în plus, circa un milion tone combustibil convențional și aproape două miliarde kWh energie electrică.

Economisirea energiei, la fel ca și producția de energie, nu este și nici nu poate fi o acțiune conjuncturală. Chiar dacă de la un an la altul sporim producția de energie, în strînsă corelație cu cerințele economiei naționale, efortul pentru economisire trebuie să rămînă mereu în actualitate, eficiența măsurilor de reducere a consumurilor energetice fiind riguros, matematic luată în calculul balanței energetice a țării. Așadar, chiar dacă unii mai consideră că s-ar fi atins limita posibilităților de economisire, reducerea severă a consumurilor energetice trebuie să se situeze permanent în centrul preocupărilor colectivelor din economie. Așa cum această acțiune nu a încetat și nu încetează nici un moment într-un șir de țări ale lumii, multe dintre ele cu o bază energetică dezvoltată. Aplicarea unui riguros program de economisire a resurselor energetice a adus Franței, în 1980, o economie echivalentă cu 15 milioane tone petrol, iar la nivelul anului 1985 această economie a ajuns la peste 35 milioane tone petrol. În S.U.A., consumul de energie pentru realizarea unui dolar de produs național brut a scăzut, în

ultimul deceniu, cu peste 24 la sută. Tot în această țară, înainte de declanșarea crizei energetice, aproape nici o companie industrială mare sau mijlocie nu dispune de un responsabil cu probleme energetice, care să urmărească posibilitățile de economisire a energiei. În prezent însă, practic în toate companiile industriale americane activitatea serviciilor energetice este indispensabilă în actul conducerii. În Canada cîștigă teren construcția de case etanșe și superizolate, cu ventilații și sisteme de recuperare a căldurii, asigurîndu-se o reducere a facturii anuale de încălzire de la 1 500 dolari la 150 dolari. Recent, în Uniunea Sovietică a fost adoptat programul de reutilări tehnice a siderurgiei, program care prevede trecerea la tehnologii înaintate pentru economisirea energiei. Prin înlocuirea procesului Martin de producere a oțelului cu cel al convertizoarelor, consumul de energie se reduce cu circa 30 la sută.

În ciuda previziunilor unor sceptici, despre care aminteam la început, reducerea accentuată a consumurilor energetice continuă să rămînă o preocupare serioasă pentru marea majoritate a țărilor lumii. Realizărilor de pînă acum obținute de țara noastră le vom adăuga în viitor altele mai substanțiale. Lucru absolut necesar, dacă ținem seama că în privința consumului de energie pe unitatea de venit național veniturile înregistrate în România sînt de peste două-trei ori mai mari decît cele atinse de țările dezvoltate. În condițiile țării noastre, care nu dispune de resurse energetice bogate și care și-a propus înfăptuirea unor îndrăznețe proiecte de dezvoltare economico-socială, economisirea severă a energiei nu poate fi privită ca o simplă sarcină de serviciu, ci ca o îndatorire patriotică, pentru a cărei onoare nu trebuie precupețit nici un efort. De la altitudinea acestei majore îndatoriri să privim sarcina mobilizatoare stabilită de Congresul al XIII-lea de a reduce cu 20 la sută consumul mediu de energie pe unitatea de venit național în cincinalul viitor și să acționăm cu întreaga noastră pricepere pentru realizarea ei exemplară.

Pentru atingerea acestui obiectiv au importanță toate măsurile ce se stabilesc, începînd de la locurile de muncă și pînă la nivelul întreprinderilor, al județelor și ramurilor industriale, fie cele care vizează perspectivă ime-

diată sau mai îndepărtată. Este bine, fără îndoială, că se acordă o atenție sporită măsurilor operative de economisire a energiei: generalizarea iluminatului local, eliminarea mersului în gol al mașinilor, încărcarea la capacitatea optimă a instalațiilor, reeșalonarea programului de lucru al schimburilor. Fiecare din aceste măsuri și toate la un loc au adus și aduc, în continuare, economii însemnate în balanța energetică a țării și tocmai de aceea ele trebuie aplicate cu toată consecvența și îmbogățite cu altele noi. Dar, în același perimetru al acțiunilor pentru economisirea energiei, pentru economia noastră capătă la ora actuală o importanță cu totul deosebită măsurile vizînd modernizarea tehnologiilor de fabricație, îmbunătățirea structurii producției în fiecare ramură și pe ansamblul economiei.

De fapt, acesta este accentul principal care se pune în prezent în elaborarea strategiilor de economisire a energiei în marea majoritate a statelor lumii. Experți de talie mondială în energetică sînt astăzi de părere că, de fapt, criza energetică ce a zguduit lumea în ultimii 12 ani nu constituie o criză materială, adică un rezultat direct al penuriei acute de resurse energetice. Studii științifice globale au ajuns la concluzia că resursele finite de energie și combustibili ale lumii — cărbune, țiței, gaze naturale, șisturi de nisipuri bituminoase și uraniu, fără a mai socoti sursele alternative de energie (solară, eoliană, geotermală, biomasă ș.a.) — sînt suficiente secole de-a rîndul. Adevăratele cauze ale crizei energetice constau în structura anacronică a sistemului tehnologic, bazat pe criteriul „energiei ieftine", pe structura energofagă a industriei în cea mai mare parte a țărilor lumii, ca și pe modelul nerațional de utilizare a resurselor energetice, construit pe resursele de petrol.

Cît ar părea de surprinzătoare, aceasta este realitatea. Un calcul arată că, în lume, randamentul global pe ansamblul lanțului energetic este de numai 20 la sută. Altfel spus, 80 la sută din energia primară (cărbune, petrol etc.) se pierde pe drumul de la extracție la utilizatorul final (extracție, tratare, conversie, transport, distribuție, stocaj.) Ca o concluzie practică, aceasta înseamnă că economisirea energiei echivalente cu o tonă cărbune la utilizatorul final (o întreprindere constructoare de mașini

de pildă) corespunde unei economii totale de cinci tone la nivelul treptei primare din balanță. Este limpede, pe de o parte, importanța covîrșitoare pe care o are reducerea consumului de energie în toate sectoarele industriale racordate la rețeaua energetică a unei țări, și, pe de altă parte, îmbunătățirea tehnologiilor de producere și transport a energiei, pentru a reduce cît mai mult pierderile și a mări randamentul energetic.

Fie că este vorba de tehnologia utilizată în producția de energie sau de cea aplicată în procesul productiv al utilizatorului final, efortul de concepție și organizare pe plan tehnologic este decisiv la ora actuală pentru reducerea substanțială a consumurilor. Socotind egal cu 100 consumul mediu de energie actual, pentru realizarea unei tone de produs, acesta ar putea fi redus prin aplicarea celor mai moderne tehnologii cunoscute în prezent la 80 la sută în cazul aluminiului, 60 la sută la oțel, 65 la sută la hîrtie, 40 la sută la ciment. Iată de ce, un prim pas hotărît trebuie făcut pentru generalizarea neîntîrziată, cu randamente maxime a tehnologiilor moderne, potrivit cuceririlor științei și tehnicii actuale. Pasul următor vizează prespectiva, nu prea îndepărtată. Pentru că specialiștii au calculat că aceleași consumuri, raportate la tehnologiile viitoare, de mare performanță, ce prind contur în multe laboratoare de cercetare, ar reprezenta numai 15 la sută în cazul aluminiului, 25 la sută la oțel, 3 la sută la hîrtie, 7 la sută la ciment, 10 la sută la derivați petrolieri ș.a.

Se înțelege limpede motivația științifică majoră a tuturor măsurilor pe care le-a inițiat, în ultimii ani, conducerea partidului nostru pentru modernizarea și înnoirea tehnologiilor de fabricație în toate ramurile industriei, domeniu în care sînt puternic implicate unitățile de cercetare științifică și inginerie tehnologică. Important este ca realizările prestigioase obținute de cercetători să fie finalizate și extinse neîntîrziat peste tot unde este cu putință. Orice întîrziere înseamnă, în ultimă instanță, o prelungire nejustificată a energofagiei tehnologice, a consumurilor iraționale, înseamnă o risipă de energie care se măsoară direct în dolari.

Fie și numai pe scurt, să ne oprim și asupra importanței cu totul deosebite pe care o are structura econo-

miei, îndeosebi a industriei, asupra eficienței cu care este utilizată energia. Japonezii, de pildă, au folosit starea de spirit creată în timpul crizei energetice pentru a-și face industriile mai eficiente. Mari unități producătoare de ciment, celuloză și alte întreprinderi industriale au procedat la ajustări serioase a producției pentru a putea face față cererii guvernului de economisire a energiei. Numeroase întreprinderi siderurgice din această țară au introdus obligatoriu în dotarea furnalelor turbine de recuperare a căldurii, care folosesc presiunea de la gura furnalului pentru a produce energie electrică. Industriile energointensive, care nu au putut face față exigențelor impuse de economisirea energiei, și-au încetat activitatea, zeci de mii de muncitori și specialiști trebuind să se recalifice în alte meserii.

Desigur, în cazul economiei noastre nu se pune problema de a suprima, peste noapte, activitatea unor ramuri sau subramuri, atîta timp cît cerințele dezvoltării economico-sociale impun în continuare existența acestora. Așa că și în viitor vom produce și ciment, și aluminiu, și oțel, și îngrășăminte chimice, cu toate că aceste materiale sînt energointensive. Important este însă ca, o dată cu îmbunătățirea tehnologiilor de fabricație, în fiecare moment producția acestor ramuri să fie dimensionată potrivit nevoilor stricte ale economiei, iar treptat ponderea acestora în ansamblul industriei să scadă, făcînd loc industriilor de înaltă tehnicitate, de prelucrare complexă, menite să asigure o valorificare cu maximă eficiență a fiecărui strop de energie.

Obiectiv fundamental al oricărei strategii energetice viabile, economisirea energiei constituie o acțiune continuă atît în țara noastră, cît și în celelalte țări ale lumii. Bazîndu-se pe inteligența omului, pe spiritul său de creativitate, economisirea, asemenea cunoașterii, nu are limite.

Dacă în ultimii ani omenirea a fost zguduită de așazisa criză energetică, cauza trebuie căutată în oricare altă parte, numai în teama de epuizare a resurselor nu! Aceasta este concluzia majoră a cărții de față. Să-i întoarcem paginile cu nerăbdarea omului dornic să afle ce se întîmplă azi, pe Terra, în misterioasa lume a resurse-

lor energetice și să-i adresăm un gînd de sinceră prețuire și recunoștință octogenarului dascăl și om de știință Nestor Lupei pentru admirabila străduință încununată de incontestabil succes, cu care a știut să adune harnic date interesante, actuale și utile, și să risipească idei pline de substanță despre energia materială a lumii de azi, a lumii în care trăim.

VIOREL SĂLĂGEAN

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

PREFAȚĂ

În intenția de a informa un public cît mai larg asupra *surselor energetice*, actuale și de viitor, nevoii de stringentă grijă și răspundere maximă față de buna lor gospodărire, ne-am luat osteneala de a elabora și prezenta într-o lucrare de informare complexul tablou al acestui atît de important domeniu.

Experiența de viață a omenirii, raportată și la știința și tehnica zilelor noastre, încă nu a izbutit să răspundă unor întrebări pe care le pune actualitatea în legătură cu nevoia de energie și, în general, cu resursele de materii prime — combustibili și minereuri.

Dacă minereurile nu au ridicat pînă în prezent probleme grele de rezolvat în ce privește achiziționarea lor, astfel de eventualități se vor ivi în viitor. Dar minereurile pot deveni lipsite de interes în absența surselor energetice, cu ajutorul cărora să fie extrase și prelucrate. Minereurile de fier, cupru și aluminiu, ca să ne referim la cele mai uzuale din timpurile noastre, ar rămîne fără valoare în lipsa energiei. Minele și sondele nu și-ar mai putea continua activitatea, la fel industria siderurgică și cea prelucrătoare.

Formele de energie actuală (electrică, termică, mecanică ș.a.), produse cu ajutorul combustibililor fosili, prin căderi de apă și mai nou cu ajutorul energiei nucleare stau la baza evoluției tehnice și a civilizației legate de folosirea lor. Oricît ar fi de bogate zăcămintele de minereuri sau de roci necesare la prepararea lianților hidraulici și a altor materiale de construcție, fără energia cu care acestea să devină utilizabile, prezența lor ar fi astăzi un simplu obiect de inventar.

La cele afirmate mai sus, s-ar putea adăuga că nici resursele energetice (combustibili, căderi de apă etc.) nu ar prezenta mare importanță fără uneltele, mașinile-unelte și agregatele metalice cu care se exploatează și se convertesc în energii actuale.

Este clară, pentru viața noastră, importanța în mod prioritar a energiei, bineînțeles nu neglijînd problema minereurilor și rocilor utile. După unele date statistice, publicate înainte de declanșarea crizei petrolului, efortul financiar al omenirii pentru procurarea, prelucrarea, distribuirea și utilizarea surselor energetice era de 75—80% față de efortul financiar de 20—25% pentru procurarea minereurilor și a derivatelor lor. Este ușor de înțeles care este astăzi valoarea acestui efort, după atîtea fluctuații de prețuri ale hidrocarburilor (petrol și gaze naturale).

Obișnuiți cu ceea ce avem astăzi, numai ipoteza pierderii chiar pe timp limitat a condițiilor de civilizație dobîndite pînă în prezent ar fi de neconceput, deși mulți dintre cei care trăiesc acum au prins și au cunoscut și un mult mai scăzut mod de existență. Obișnuința cu ceea ce avem astăzi trezește dorința de a ajunge la o mai avansată realizare a confortului, la un nivel de viață și bunăstare cît mai înaintat. Un asemenea țel a condus pe omul modern în timpul ultimelor revoluții tehnice și tehnologice. S-a dovedit însă că dorințele unor oameni au fost nelimitate și că aceștia au consumat din bunurile existente și din zestrea energetică a omenirii mult peste trebuințele normale ale necesității. Cu care îndreptățire o parte minoritară din populația globului a folosit și folosește în continuare, sursele energetice în curs de epuizare?

Risipa de energie și consumarea ei în alte scopuri, mai ales pentru întreținerea unor armate care amenință pacea lumii, pentru industria de război în continuă sporire cantitativă și calitativă, pentru complexele militare agresive, gata să atenteze la liniștea popoarelor globului, este cu totul nejustificată pe plan moral și în buna conviețuire internațională, în bucuria de a trăi libere a oricăror popoare.

Statistici edificatoare ne arată cît se consumă zilnic, din truda tuturor, pentru înarmare, cîte bunuri necesare vieții s-ar putea realiza din ceea ce se consumă pentru

fabricarea mijloacelor de distrugere în continuă sofisticare a aspectelor strategice și tactice. Este unul din factorii majori care duc ca cererea de materii prime și de energie să fie într-o creștere exagerată, cu repercusiuni în mod accelerat la epuizarea surselor naturale de bogății ale subsolului și îndeosebi a surselor energetice.

Societatea modernă a consumat prea mult și continuă acest consum. Rareori s-a gîndit la găsirea altor surse și posibilități energetice pentru înlocuirea la timpul potrivit a rezervelor cunoscute, la modalități și inovații economico-industriale care să prevină traumatismele economice și sociale inerente. Rareori s-a gîndit la zestrea de materii prime pe care a primit-o și mai ales la cea pe care o lasă generației de mîine, la echilibrul economic și social pe care să-l predea urmașilor.

Că omenirea va găsi soluții pentru noi surse energetice este o problemă indiscutabilă. Se cere însă mai mult și urgent interes pentru cercetare și experimentare în laboratoare, în stații pilot și în structuri industriale. Este necesară colaborarea și schimbul de experiență între popoare.

În acest fel, credem în puterea de creație și de biruință prin știință și tehnologie a cercetătorilor și a întregii colectivități umane angajată pe un drum încărcat de răspundere, dar și de noblețe.

Eforturile care se depun în prezent pentru găsirea unor noi modalități de a depăși alarmantele semnale de alarmă declanșate o dată cu apariția crizei energeticii, ne dau posibilitatea de a spera.

În acest scop un exemplu edificator îl oferă țara noastră. În ultimele decenii s-a manifestat și se manifestă mult interes pentru aplanarea și evitarea consecințelor generate de criza energetică mondială pe plan economic. Au fost elaborate planuri și programe anuale, cincinale și de perspectivă pentru o perioadă de cîteva decenii, în care cercetarea, pregătirea pentru exploatare a fondului natural energetic să se înscrie în imperativul independenței energetice a țării. Problema a fost reluată în Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român. Se acordă interes deosebit și pentru valorificarea economică a surselor energetice neconvenționale.

*

În prezenta lucrare ne propunem să facem o enumerare a surselor energetice în ce privește formarea, păstrarea, consumul și epuizabilitatea lor, în scopul de a sensibiliza cititorul cu privire la unele probleme majore, cum ar fi înțelegerea necesității înlăturării risipei și evitării abuzului, a faptului că energia este un bun comun asigurat prin efortul tuturor, prin investiții care să asigure, în prezent și mai ales în viitor, necesarul de energie.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Partea întîi

ENERGIA. SURSE ENERGETICE

Capitolul 1

SCURT ISTORIC AL DEZVOLTĂRII ENERGETICII

În structura vieții noastre de fiecare zi nu se poate concepe nici o acțiune în afara energiei, care participă la asigurarea hranei, confortului, îmbrăcămintei și a transportului, la crearea condițiilor de instruire, de îngrijire a sănătății și de agrement. De ea se leagă îngrijorări și speranțe, iar căutările pentru a fi asigurată se înteţesc și devin prioritare.

Dar, *ce este energia?* O definiție elementară este exprimată prin „capacitatea unui sistem oarecare de a produce lucru mecanic". Același înțeles îl găsim redat și în unele dicționare, lexicoane și tratate de profil. În ultimele două sute de ani au intrat în graiul cărților, în al oamenilor de știință și, de la aceștia, în cel al popoarelor, expresiile: lucru mecanic, energie mecanică, energie termică, energie luminoasă, energie vitală, forță vie, energie fiziologică, energie electrică și magnetică, energie hidrodinamică, energie solară, energie gravitațională, energie nucleară etc.

Puterea aburului a dat pentru prima dată omului încredere în capacitatea lui de a produce un lanț energetic, care să revoluționeze economia. Prin înlocuirea lemnului cu cărbune, Europa, dispunînd de mari rezerve de cărbuni, a putut evita dezastrul economic care nu a cruțat Orientul Apropiat în timpuri îndepărtate, cînd nu au avut cu ce să înlocuiască lemnul, deoarece pădurile de cedri din Liban dispăruseră ca potențial energetic pentru oțelăriile din Damasc și pentru nevoile șantierelor navale. Mai contribuia la acest dezastru productivitatea din ce în se mai scăzută a solului, confruntat adesea cu un climat neprielnic și cu un spor demografic în creștere.

În Europa începe o preocupare pentru a stabili cauzalități și legi atît în lanțul energetic, cît și în folosirea economică a energiei. Un început al acestor căutări — implicit un început al termodinamicii — se întrezărește în cercetările lui A. L. Lavoisier (1743—1794) și D. P. Laplace (1749—1824), care considerau căldura ca un rezultat al mișcării moleculare. Prin descoperirea mașinii cu abur de către Thomas Newcomen (1669—1729), în 1711, perfecționată de James Watt (1736—1819) și în urma experiențelor lui B. Th. Rumford (1753—1814) asupra încălzirii produse prin rotații rapide cu frecare s-a inițiat principiul corespondenței dintre căldură și lucru mecanic. Această corespondență a mai fost sesizată, în 1788, de Erasmus Darwin (1731—1802) și de John Dalton (1766—1844) în 1802.

În 1824 a apărut lucrarea: „Réflections sur la puissance motrice du feu", a lui Sadi Carnot (1796—1832), prin care autorul afirmă că orice mașină termică presupune existența unei surse calde și a unei surse reci și că funcționarea mașinii atrage după sine transportul unei cantități de căldură de la sursa caldă la sursa rece și că lucrul mecanic este determinat numai de temperatura corpurilor între care se face transportul de căldură. Astfel au fost puse bazele principiului al doilea al termodinamicii.

În 1842—1843, Robert Mayer (1814—1878) și Ludwig Colding (1815—1888) au determinat echivalența dintre căldură și lucru mecanic, iar James Joule (1818—1889) a pus în evidență proporționalitatea dintre căldura degajată și lucrul mecanic realizat. Hermann Helmholtz (1821—1894), specialist în matematică—fizică și hidrodinamică, generalizează noțiunea de energie, în sensul că un corp are energie mecanică dacă produce lucru mecanic, iar fenomenele de căldură, electricitate și combinație chimică pot fi asociate unui lucru mecanic. Se ia în considerație, în plus, energia calorică, energia electrică și energia chimică. Mecanicii clasice, Helmholtz i-a opus sistemul energetic, căruia i-a dat forma definitivă (H. Poincaré, 1906). Rudolph Clausius (1822—1865) în 1850 și William Thomson-Kelvin (1824—1907) au enunțat principiul evoluției energiei. Fabre și J. Th. Silbermann (1806—1865) au fo-

losit, în 1852, termenul de *calorie* definită ca unitate a cantității de căldură. În 1880, H. A. Rowland (1848—1901) a obținut valoarea 1 kcal = 4,187 J, iar Hion a obținut valoarea 1 kcal = 425,2 kgf/m ca echivalent mecanic al caloriei.

În a doua jumătate a secolului al XIX-lea apar primele preocupări pentru obținerea și folosirea energiei electrice. Bazele teoretice, privind folosirea energiei electrice, au fost puse o dată cu descoperirea legilor electromagnetismului, în special a legii inducției electromagnetice. În 1869, Z. Th. Gramme (1826—1901) a inventat dinamul, ținînd seama de cercetări anterioare efectuate, în 1861, de Antonio Paccinottichi, de cele din 1866 ale lui Werner Siemens. A urmat apariția primelor motoare sincrone, constituite de Elihu Thompson în 1879, de W. Siemens și Hopkins în 1884, de G. Westinghouse (1846—1916) în 1886 și de N. Tesla în 1887. Motoarele asincrone au fost construite de Marcel Déprez (1843—1918) în 1883, de G. Ferraris (1847—1892) în 1886 și de N. Tesla în 1888. În 1884, Payling a introdus noțiunea de *energie* în electromagnetism. S-a putut constata că lucrul mecanic poate fi transformat în căldură, însă căldura nu poate fi transformată integral în lucru mecanic, un proces de „degradare" a energiei.

Energetica secolului al XX-lea

Secolul al XX-lea folosește două compartimente de largă cuprindere energetică:

1) motorul cu explozie pentru transportul terestru, aerian și pe ape — turbina cu abur pentru nave uriașe și

2) producerea energiei electrice.

Începînd cu primul deceniu al secolului al XX-lea, fizicienii au fost antrenați într-o problemă nouă, cea a radioactivității *naturale*, apoi în cea a radioactivității *artificiale*, platforme pentru asigurarea energiei în prezent și în viitor.

Începutul s-a făcut prin constatarea radioactivității naturale începînd cu Rutherford, P. Curie, I. Curie, P. Joliot ș.a. Au fost identificate elementele radioactive și unii izotopi ai acestora. A fost demonstrată transmutația elementelor și au început cercetări în legătură cu radioac-

tivitatea artificială, cu structura nucleului elementelor; cu bombardarea nucleului cu ajutorul unor particule elementare proiectate cu ajutorul acceleratoarelor care le măresc viteza și puterea de pătrundere în nucleu. Acest subiect se va relua în partea a doua a lucrării.

Surse de energie

Cele două mari surse de energie în Univers sînt: fuziunea atomilor ușori din Soare (stele) și gravitația universală. Toate celelalte forme de energie decurg din cele două menționate mai sus. În cele ce urmează vom analiza, într-un mod succint, mecanismele de producere a energiilor menționate și participarea lor în sistemul și bugetul energetic al planetei noastre.

Surse de energie externă

Principalele surse de energie externă, care au influență asupra Pămîntului, sînt radiația solară și energia gravitațională.

Radiația solară. Soarele este o vastă centrală de energie nucleară în care are loc o transformare a hidrogenului în heliu: patru nuclee de hidrogen sînt convertiți într-un nucleu de He, cu structura He_2^4 (patru protoni și doi neutroni). Dar masa nucleului de He este ceva mai mică decît a celor patru protoni (H), de unde rezultă că în conversia hidrogenului în heliu are loc o pierdere de masă care este sursa energiei nucleare. În acest proces, Soarele are o pierdere de masă de patru milioane de tone în fiecare secundă. Pierderea de masă asigură un produs continuu de energie de

$$3{,}6 \times 10^{26} \text{ J/s sau de}$$

$$1{,}14 \times 10^{34} \text{ J/an.}$$

Din calculele efectuate rezultă că dacă ar putea fi stocată energia solară care vine de la Soare la Pămînt, într-o singură zi s-ar putea înlocui întreg consumul de energie al omenirii pe o durată de un secol. Din energia solară numai o mică parte ajunge pe Pămînt.

Se admite că 70% din masa Soarelui este formată din hidrogen și 28% din heliu, restul de 2% fiind formată din elemente mai grele.

Reacțiile stelare de fuziune și adiție de cîte patru nuclei He duc la formarea nucleelor mai grele ca: $^{12}_{6}C$; $^{16}_{8}O$; $^{20}_{14}Ne$; $^{24}_{12}Mg$; $^{28}_{14}S$; $^{32}_{16}S$ și $^{56}_{26}Fe$. Elementele mai grele din Soare și din Pămînt se admite că s-au format prin procese nucleare în stele mari a căror viață s-a terminat ca supernove, prin a căror explozie au fost aruncate în Cosmos, cu viteze mari, cantități imense de gaze și praf incandescent, din care printr-o nouă acreție s-au format noi stele și planete.

Energia solară disponibilă la suprafața Pămîntului. Calcule recente duc la estimarea cantității de $1{,}72 \times 10^{17}$ W din energia solară interceptată de Pămînt; egală cu $5{,}42 \times 10^{24}$ J/an. Din aceasta 35% este reflectată de nori și de suprafața terestră, apoi redistribuită în spațiul cosmic și prin reflecția pe particulele de praf din atmosfera superioară; 65% este absorbită de atmosferă și de suprafața terestră. Energia solară absorbită de atmosferă servește la *încălzirea* acesteia. Datorită sfericității Pămîntului, încălzirea este mai mare în regiunile dintre tropice și mai scăzută la poli. Prin aceasta se creează centre de presiune atmosferică maxime și minime, care, în condițiile mișcării de rotație, duc la *formarea* și *distribuția vînturilor*. La formarea vînturilor participă circa 10% din energia solară absorbită, ceea ce echivalează cu o energie cinetică de aproximativ 3×10^{23} J/an a aerului în mișcare. Din această energie numai o mică parte este potențial disponibilă ca *energie eoliană*, deoarece cea mai mare parte a energiei vînturilor are loc la altitudini mari, inaccesibile pentru o valorificare tehnologică. Pentru morile de vînt, ca să producă energie electrică, se estimează numai circa 10^{18} J/an.

Vînturile, prin frecarea pe suprafața oceanelor, duc la *formarea valurilor*. Pentru aceasta se consumă aproximativ 10% din energia cinetică a vînturilor.

Aproximativ 3×10^{20} J/an, din energia absorbită, contribuie la încălzirea oceanelor și la evaporarea apei din oceane și lacuri. Vaporii ridicați în atmosferă se condensează și cad sub forma de precipitații realizînd un circuit al apei în atmosferă, ceea ce contribuie la permanența

Tabelul I

Sumarul energiei solare consumate și a potențialului solar maxim cu sursa de energie

Felul energiei consumate	*Total energie* implicată*	*Potențialul maxim utilizabil (J/a)*
— Direct reflectată	$1{,}9 \times 10^{24}$	
— Circulația atmosferică (vînturi, valuri)	$3{,}0 \times 10^{23}$	$\sim 1{,}0 \times 10^{18}$
— Încălzirea atmosferei (incl. disiparea energiei vînturilor)	$1{,}1 \times 10^{24}$	
— Evaporarea și reprecipitarea	$3{,}0 \times 10^{24}$	$\sim 1{,}0 \times 10^{20}$
— Încălzirea suprafeței	$2{,}4 \times 10^{24}$	$\sim 2{,}4 \times 10^{20}$
— Combustibili fosili (viafotosinteză)	$1{,}0 \times 10^{22}$	$\sim 1{,}0 \times 10^{20}$

* Totalul energiei solare primite este echilibrat prin trei feluri de energie consumată: direct reflectată, încălzirea atmosferei și încălzirea suprafeței Pămîntului

$(1{,}9 + 1{,}1 + 2{,}4 = 5{,}4 \times 10^{24}$ J/a)

(G.C. Brown, 1982)

apelor curgătoare și la întreținerea umidității în sol și în stratele freatice, la realimentarea oceanelor cu apă dulce. Cu realizarea energiei hidraulice, energia solară este transformată în energie gravitațională (curgere pe un plan înclinat). Prin curgere, energia cinetică a apei este transformată în căldură. Rocile de la suprafața Pămîntului, fiind practic rele conducătoare de căldură, folosesc puțin din energia solară absorbită. Din energia absorbită în cursul zilei, cea mai mare parte este redată atmosferei, în timpul nopții, sub formă de energie reradiată.

Tehnologiile moderne sînt antrenate în stocarea energiei solare și folosirea acesteia sub formă de căldură pentru nevoi curente, mai mult gospodărești. Mai interesantă însă este preocuparea pentru transformarea energiei solare direct în electricitate. Se va reveni în partea a treia a lucrării.

Fotosinteza. Formarea biomasei. Aproximativ 1% din energia solară primită de Pămînt este folosită, prin foto-

sinteză, la crearea materiei organice. În acest scop, este folosită o cantitate de energie de circa treizeci de ori mai mare decît întreaga energie consumată de omenire, aceasta din urmă fiind de aproximativ 3×10^{20} J/an.

O mare parte a biomasei formate este consumată, altă parte se degradează în mediul oxidant de la suprafață, altă parte este încorporată în grosimea unor sedimente și izolată de contactul cu aerul. Aceasta duce la formarea combustibililor fosili (cărbuni și hidrocarburi). Conținutul total de energie stocată în combustibilii fosili este de ordinul 3×10^{26} J, din care susceptibilă de a fi extrasă și folosită este numai circa 2×10^{23} J. Din energia extractibilă 90% este stocată în cărbuni, 5% în petrol, 5% în gazul natural.

Influența gravitațională a Soarelui și a Lunii. Pămîntul este supus și el legii interacțiunii gravitaționale, exprimată prin relația simplificată: $F = m \times m/d^2$. Dintre corpurile din galaxia noastră, Luna are cea mai pronunțată putere de atracție asupra Pămîntului. Soarele, cu toată masa lui enormă față de Pămînt—Lună, are o forță gravitațională neglijabilă față de Pămînt, în schimb atracția exercitată de Lună este evidentă în fenomenele mareice care se manifestă în apa oceanică și în masa solidă a planetei. Din punct de vedere energetic, ne interesează mareele oceanice. Acestea sînt mișcări de ridicare și de coborîre, sub forma aparentă a unui val mobil a apei oceanice. Pămîntul în mișcarea lui de rotație face ca fiecare punct al suprafeței să treacă prin fața Lunii, moment în care apare „dilatarea" apei. În largul oceanelor mișcarea apei (mareea) se face numai pe verticală; în apropierea țărmului se produce și o mișcare pe orizontală, cu înaintarea apei oceanice în interiorul uscatului prin estuare, cîmpii joase etc. (flux) urmată de retragerea apei în ocean (reflux). Durata de la un flux la altul este de 12 ore și 25 minute: ciclul complet se produce în 24 ore și 50 minute. S-a mai constatat că la un interval de 14 zile se produce un flux maxim și tot la un interval de 14 zile, aproximativ pentru același punct geografic, se produce un flux minim. Fluxul maxim se produce cînd Luna este în conjuncție și în opoziție; fluxul minim în pătrarul întîi și în al doilea din mersul lunar.

Formele sub care ne apare energia din interiorul Pămîntului sînt vulcanii, izvoarele fierbinți, căldura radiată de Pămînt și cutremurele, fenomene care se produc în cea mai mare parte însoțite de căldură. Din punct de vedere energetic interesează în primul rînd izvoarele fierbinți, cu temperatură de peste 100°C, și apele termale mai puțin calde, cu temperatura sub cea de fierbere a apei.

Originea căldurii interne[1]. Se admite că a existat o căldură „originară", „primordială", care s-a dezvoltat și a însoțit Pămîntul încă de la începutul formării lui, rezultată din impactul particulelor cosmice, în faza de acreție, cînd aglomeratul preplanetar din care s-a format Pămîntul și-a mărit puterea de atracție gravitațională[1]. Energia cinetică de impact a particulelor cosmice pe suprafața în creștere a planetei a fost transformată în căldură.

Dacă acest proces s-ar fi produs în mod rapid, ar fi rezultat o energie estimată la 38×10^6 J, care ar fi putut ridica temperatura planetei pînă la 20 000°C. Intervin însă două necunoscute care ar putea defini fondul acreției: mărimea particulelor adiționate și rata de creștere a planetei.

Se admite însă că temperatura ridicată de pînă la 4 000°C ar fi putut duce la topirea materialului și la separarea gravitațională într-un nucleu cu un conținut de elemente grele și un înveliș alcătuit din materiale mai ușoare: oxizi și silicați în stare topită, cu o crustă izolatoare îmbogățită printr-un aport continuu de particule cosmice, asimilate în masa planetei. Un moment important a fost cel al energiei de formare a nucleului, efect cumulat al energiei cinetice de impact, al particulelor cosmice cu energia radiogenă a izotopilor cu viață scurtă, existenți în materialul primordial. Izotopii cu viață lungă își au trecutul lor de formare mult mai îndepărtat, probabil în alte stele, ajunse în faza de supernove, care au explodat.

---

[1] Pentru detaliere vezi: N. Lupu „Dinamica terestră", Edit. Albatros, 1979.

Încălzirea „primordială" a Pămîntului a fost un eveniment unic, care s-a petrecut în urmă cu circa 4,55 miliarde de ani. Încălzirea ulterioară s-a produs și se continuă și în prezent prin radioactivitatea izotopilor cu viață lungă, răspîndiți pînă în adîncimea de aproximativ 200 km sub suprafața planetei. Energia radiogenă a acestora întreține fluxul energetic care ajunge la suprafață și se disipează în spațiul înconjurător la o valoare de aproximativ 10^{21} J.

Alt factor care participă la producerea căldurii interne sînt procesele mareice din masa globului terestru; o participare estimată la aproximativ 2% din valoarea dată prin radioactivitate. Se admite că procesele mareice au fost mai dezvoltate în trecutul geologic, cînd poziția Lunii a fost mai aproape de Pămînt.

Transportul căldurii interne pînă la suprafață se face prin două mecanisme, de la interior spre exterior: prin convenție în celulele de convecție din manta și prin conducție (conductibilitate), prin masa solidă, rigidă a plăcilor litosferice.

Transportul prin convecție se produce mult mai rapid decît prin conductibilitate. Pentru acest din urmă mecanism, timpul necesar de transport al căldurii de la nucleu la suprafață ar fi fost 200 de miliarde de ani.

Transportul căldurii pînă la suprafață este controlat și de plăcile litosferice, la marginile cărora se produc cele mai mari valori ale fluxului termic continuu și al descărcărilor energetice periodice și izolate ca poziție și timp de manifestare.

Manifestări ale căldurii interne a Pămîntului. Materialul fierbinte al mantalei aduce rocile din baza plăcilor litosferice la temperatura lor de topire. Datorită presiunii litostatice, la care se găsesc aceste roci, nu este asigurat spațiul măririi de volum necesar stării fluide. Totuși, starea fluidă se obține însă numai în zonele de descărcare a presiunii la nivelul amintit: în lungul rifturilor dorsalelor oceanice, în zonele de subducție a plăcilor litosferice, de-a lungul unor fracturi adînci și, în general, în ariile de dislocări tectonice, care au loc la marginile plăcilor tectonice.

Manifestările căldurii interne, la suprafața terestră, se realizează prin vulcani și izvoare fierbinți. În ariile vul-

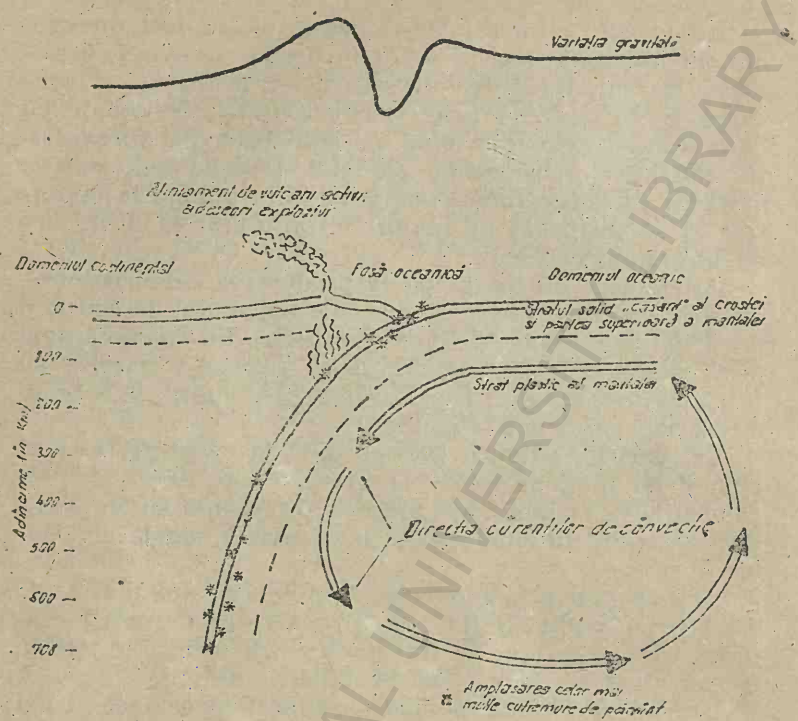


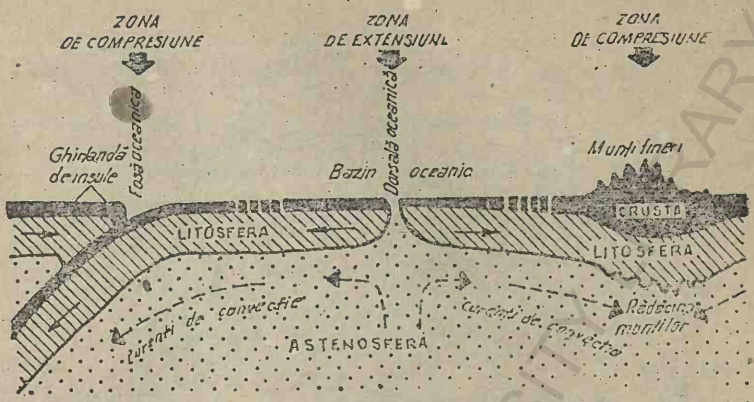
Fig. 1. Transportul căldurii interne prin convecție pînă la suprafața terestră.

canice, deci în zonele de instabilitate tectonică, apare și marea majoritate a cutremurelor.

Erupțiile vulcanice, după calculele vulcanologilor, sînt însoțite de dezlănțuirea unei energii de 10^{19} J/an, în care este cuprinsă și energia curgerilor de lavă, a degajării gazelor și cea proprie izvoarelor fierbinți.

Totalul energiei eliberată de cutremure într-un an este estimată la 10^{18}—10^{19} J/an aproape egală cu cea a vulcanilor. Seismul din 1906, la San Francisco, a fost însoțit de o energie de 10^{17} J, cu o magnitudine de 8,2 din scara Richter.

Fluxul de căldură terestră descărcată în atmosferă se datorează trecerii căldurii prin plăcile litosferice (prin conductivitate) și prin mecanismele și structurile care



igF. 2. Structura internă a Pămîntului.

apar la marginile plăcilor. Fluxul de căldură variază de la placă la placă. Această diferențiere s-a putut demonstra prin măsurători efectuate în găuri de sondă, cu ajutorul termistoarelor. Prin astfel de măsurători a fost stabilit gradientul geotermic și treapta geotermică.

Prin întreaga suprafață terestră se degajează un flux geotermic de 10^{21} J/an.

Harta din fig. 3 a fost întocmită pe baza a 5 000 măsurători. Curbele s-au trasat din 10 în 10 miliwați/m². Zonele cu fluxul termic cel mai ridicat sînt situate deasupra dorsalelor oceanice active; fluxul termic cel mai scăzut apare în interiorul plăcilor continentale vechi și în părțile mai vechi ale bazinelor oceanice.

Energia geotermică. Izvoarele fierbinți sînt asociate zonelor vulcanice, dispuse în regiuni marginale ale plăcilor litosferice. Energia lor a fost captată parțial și folosită la producerea energiei electrice.

Gradientul mediu geotermal pentru regiunile continentale este de 0,021°C/m² sau de 21°C/km adîncime. Treapta geotermică este mai mică în grosimea de 200 km a plăcilor litosferice, mai bogată în procese radioactive și crește înspre zonele adînci ale mantalei.

În unele zone, ca în sud-vestul Marii Britanii, temperatura ridicată a apelor geotermale este legată de prezența unui masiv cristalin în care sînt cuprinși nuclei granitici bogați în izotopi radioactivi.

Fig. 3. Repartiţia fluxului termic pe glob (G.C. Brown, 1982).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul II

Bugetul energetic al Pămîntului. Surse principale și consum

Energia intrată	J/an	*Energia consumată*	J/an
Radiația solară	$5{,}4 \times 10^{21}$	— Energ. solară direct reflectată	$1{,}9 \times 10^{24}$
		— Energ. solară absorbită de atmosferă, hidrosferă, litosferă	$3{,}5 \times 10^{21}$
		— Energ. solară transformată în combustibili fosili[2]	10^{17}—10^{18}
Dezintegrarea radioactivă a izotopilor cu viață lungă	$\sim 10^{21}$	— Fluxul termic de conducție prin suprafața solidă	$\sim 10^{21}$
		— Pierderi de căldură prin convecție, prin suprafața solidă (vulcani, izv. fierbinți)	$\sim 10^{19}$
		— Energie eliberată prin seisme	10^{18}—10^{19}
Forțe gravitaționale care produc mareele	$\sim 10^{20}$	— Stingerea mareelor oceanice	8×10^{19}
Energia potențială gravitațională eliberată la formarea crustei	10^{19}—10^{20}	— Stingerea mareelor terestre	10^{15}—10^{19}
Energia gravitațională potențială eliberată la formarea nucleului intern	10^{19}	— Energia solicitată de dinamoul geomagnetic	10^{17}—10^{18}

Notă: [1]Energia intrată și energia consumată nu ar trebui înțeleasă exact, deoarece ea nu este consumată irevocabil (pierdută) ci numai transformată în alte cîteva forme de energie.

[2] Rezervele de combustibili fosili potențial recuperabile sînt: la $2 \cdot 10^{23}$ J; rezervele de energie consumate de omenire: $3 \cdot 10^{20}$ J/an.

În prezent, izvoarele geotermale asigură o cantitate de energie de 10^{16} J/an. În viitor, va putea atinge valori mult mai mari.

Un rezumat sintetic al bugetului energetic al Pămîntului este redat în tabelul II. În fig. 4 este dată o diagramă sintetică în care sînt cuprinse sursele principale de energie și direcțiile fluxului energetic prin suprafața continentelor, a oceanelor și prin atmosferă.

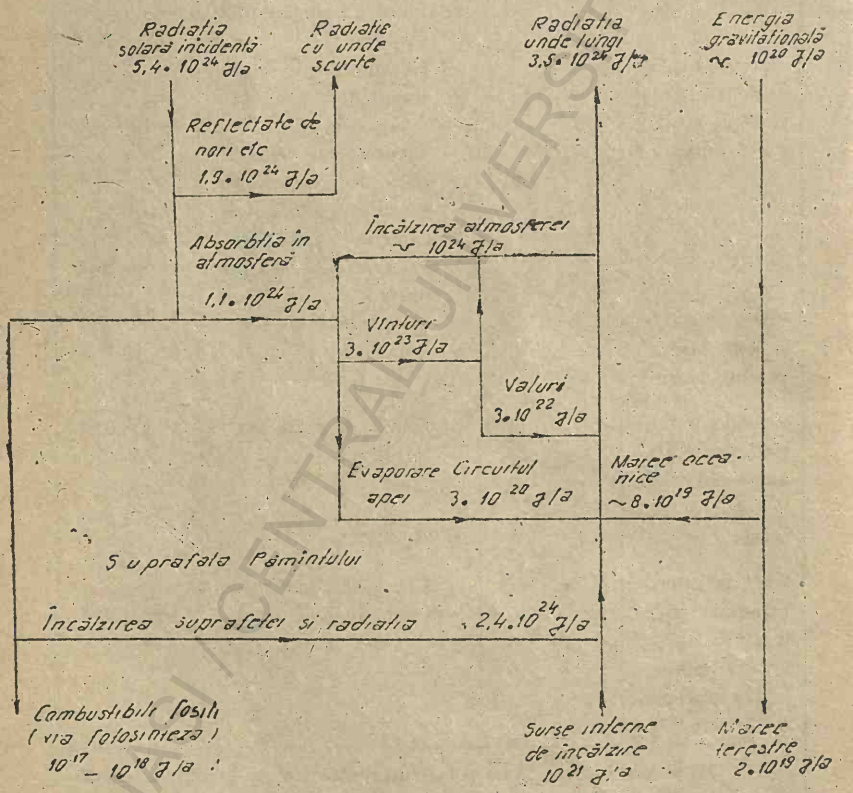


Fig. 4. Sursele principale de energie și direcțiile fluxului energetic (G. C. Brown, 1982).

Conversia energiei. Forme ale energiei

Fenomenele energetice se bazează pe schimburi și transformări de energie între diferitele sisteme existente în univers. Energia solară, prin fotosinteză, este înmagazinată în corpul plantelor sub formă de potențial chimic din care o mare parte este stocată în combustibilii fosili. Aceștia, prin ardere, dau căldură care poate fi folosită la producerea aburului. Cu ajutorul electricității producem lumină, căldură, lucru mecanic, reacții chimice, după schema:

Energia solară → Combustibili → Căldură → Electricitate → Lucru mecanic ș.a.

Alt exemplu. Energia chimică a unui acumulator se transformă în electricitate care, alimentînd un motor, poate acționa o pompă cu ajutorul căreia se urcă apă într-un rezervor, de unde, coborînd, apa furnizează energie mecanică, necesară unei turbine cuplate la un generator care produce electricitate și care, la rîndul ei, poate alimenta un acumulator care va stoca energia electrică sub forma de energie chimică. Transformările energetice în acest exemplu se pot reda în schema:

energie chimică → electricitate → energie mecanică
energie mecanică → electricitate → energie chimică

În exemplul dat apare un model imperfect, deoarece acumulatorul de la sfîrșitul ciclului este mai puțin încărcat decît cel de la începutul ciclului. Întreg ciclul are un randament subunitar. Prin pierderea energiei, întreg sistemul s-a încălzit, iar căldura este disipată apoi în mediul înconjurător.

O formă sintetică a conversiei diferitelor forme de energie este dată în fig. 5. Energia nucleară se manifestă prin procese de fuziune în Soare și prin procese de fisiune în centrale nuclearoelectrice. Materialul supus fuziunii este hidrogenul; materialul necesar fisiunii sînt combustibilii nucleari din scoarța terestră.

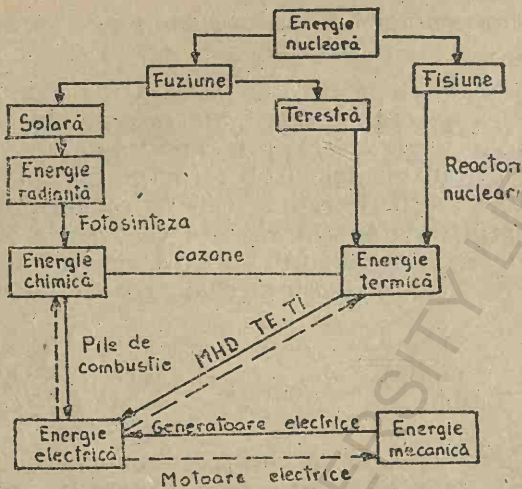


Fig. 5. Conversia diferitelor forme de energie.

Fuziunea din Soare produce energia radiantă care, prin fotosinteza realizată de cloroplastele plantelor verzi, este convertită în energie chimică, stocată în organismele vii ori și în combustibilii fosili de origine organică (cărbunii, petrol, gaze naturale). Energia chimică din lemn și din combustibilii fosili, prin ardere, este transformată în energie termică și aceasta în energie mecanică. Energia chimică poate fi transformată și direct în energie electrică cu ajutorul pilelor de combustie.

Energia mecanică poate fi convertită în energie electrică, iar aceasta, distribuită la diferiți consumatori, poate fi transformată, după necesități, în alte forme de energie (mecanică, chimică, luminoasă, termică). Energia termică poate fi convertită direct în energie electrică, prin procese magnetohidrodinamice, termoionice și termoelectrice.

În ciclurile energetice menționate, lanțul energetic începe cu o sursă sau sistem-sursă și se termină cu un

sistem receptor prin intermediul unui vector energetic, după schema:

centrala electrică → electricitate (vector) → sistem receptor (mecanic ș.a.)

sau

energia chimică a combustibililor → căldură (vector) → energia mecanică a turbinei → electricitate (vector) → sistem receptor

Combustibilii fosili (cărbunii, hidrocarburile) și combustibilii nucleari sînt materiale energetice capabile să furnizeze o energie în condiții și cu instalații corespunzătoare. În literatura de informare științifică, apare uneori și afirmația după care combustibilii fosili sînt vectori energetici. În exemplele date apar și cele trei forme sub care apare energia:

— *forma mecanică*, transmisă prin vector solid (arbore și curea de transmisie, proiectil, pîrghie), prin vector lichid (energia hidraulică) și prin vector gazos (aerul comprimat);

— *forma electrică*, în care transferul de sarcină electrică de la un sistem la altul poate produce un cîmp electric sau magnetic cu posibile transformări energetice (mecanice, chimice ș.a.);

— *forma radiantă*, cu jeturi de particule asimilabile, sub raport energetic, cu energia cinetică a unui proiectil; sub forma radiațiilor electromagnetice, a radiațiilor luminoase; sub forma radiațiilor emise prin dezintegrări radioactive.

Randamente energetice

Pierderile de energie în aplicațiile industriale și economice apar nu numai în instalațiile de producere și conversie a energiei, ci și în transportul și distribuția acesteia pînă la consumatorul final. Ținînd seama de aceste pierderi, se stabilește randamentul net al trans-

formărilor de energie primară (potențială) în energia electrică. Acest randament este de 32—34% pentru combustibilii convenționali (cărbuni, hidrocarburi) în centralele termoelectrice; 28—30% în centralele nuclearoelectrice; 70% pentru energia electrică prin surse termice asociate cu căldura prin termoficare, 70% pentru energia hidraulică. Luînd în considerare faptul că energia electrică pe plan mondial este produsă în proporție de 80% în centralele termoelectrice, randamentul energetic mediu pe ramură este de 35—38%.

În rezumat, se iau în vedere două surse energetice majore: energia solară și energia (atracția) gravitațională cu efectele ei.

Energia solară participă sub forma unei surse actuale, care este fuziunea din Soare și care — prin radiația solară — încălzește în mod inegal atmosfera, hidrosfera și suprafața terestră, producînd vînturile, circuitul apei și valurile oceanice și surse *fosile* (cărbuni, hidrocarburi).

Tabelul III

Randamente energetice
(în medie pe ansamblul țărilor europene)

	Randamentul energetic (%)	*Energia rămasă (din cea inițială)*	*Pierderi % din total*
Energie conținută în zăcămînt		1,00	
— Faza exploatării	48	0,48	59
— Faza tratării și conversiei* (în electricitate)	78	0,38	13
— Faza transportului, distribuției, stocajului	98	0,37	1
— Faza utilizării finale	42	0,15	27

* în cadrul conversiei în electricitate, randamentul este în medie de 33% dar numai sub o pătrime din energia primară este transformată în energie electrică

Sursa : Nations Unies, Commission Économique pour l'Europe, Génève, Accroissement des économies et de l'efficacité en matière d'énergie dans la région de la CEE, E/ECE/883/Rev. 1, New York, 1976

De asemenea, ar părea hazardată menționarea energiei geotermice și cea a combustibililor nucleari ca surse de energie fosilă. Dacă limităm termenul de „fosilă" numai la resturi de plante și animale din trecutul Pământului, cuprinse în formațiuni geologice, aceste surse (energia geotermică și cea nucleară) nu se încadrează între sursele fosile. Dar, considerînd evoluția combustibililor nucleari din starea de plasmă solară, cu toate transformările lor (dezintegrare cu eliberarea energiilor pe care le conțin), aceștia pot fi încadrați printre sursele fosile de o anumită natură. C. Bienvenu le consideră ca atare, precum și G. Brown (1982).

Apare și o clasificare, după un criteriu termodinamic, în energii *potențiale* și *actuale* sau *cinetice*. Exemple de energii potențiale sînt: energia chimică stocată (înmagazinată) în combustibili și într-un acumulator; energia hidraulică într-un lac de acumulare; energia mecanică a unui resort sau proiectil; potențialul radioactiv al unor elemente chimice. Energiile potențiale se pot transforma în energii actuale sau cinetice; mecanică, luminoasă, chimică, electrică, radiantă ș.a.

Clasificarea surselor energetice

După gradul de integrare a surselor energetice în satisfacerea nevoilor economice deosebim:

— *surse convenționale*, cele care participă la obținerea energiei în mod predominant (sursele „clasice"): lemnul, cărbunii, hidrocarburile, combustibilii nucleari și energia hidraulică;

— *surse neconvenționale*, cu o participare, deocamdată, neînsemnată în balanța energetică, dar cu posibile dezvoltări chiar în viitorul apropiat (radiația solară, energia eoliană, energia geotermică, energia oceanelor);

— *alte surse cunoscute*, doar prin încercări de laborator și în stații pilot bazate pe tehnologii fizice și chimice, unele foarte promițătoare.

Capitolul 2

CONSUMUL DE RESURSE ENERGETICE

Cea dintîi formă de energie la dispoziția omului a fost forța lui fizică, de care s-a folosit în vîrsta de început a existenței sale. Prin propria-i energie și îndemînare, trecînd de la viața de culegător la cea de vînător, a trebuit să facă față confruntării cu animale mai puternice în fața cărora fuga sau refugiul în copaci au fost singurele căi de ales. Energia musculară proprie s-a dovedit insuficientă. Multiplicarea puterii și-a făcut-o omul, la început, prin lovirea cu o prăjină, prin aruncarea la țintă cu pietre colțuroase, mai tîrziu prin capcane și prin folosirea arcului. Folosirea unei surse energetice din afară, pe lîngă radiația solară, începe numai o dată cu folosirea focului.

Consumul de energie în dezvoltarea istorică a omenirii

Materia generatoare de energie pe care a folosit-o omul din preistorie pînă în a doua jumătate a secolului al XVIII-lea a fost *lemnul*. A urmat apoi *cărbunele*, pe o durată de aproape două secole, cu rol principal în producerea energiei. Încă din a doua jumătate a secolului al XIX-lea apar *hidrocarburile*, dar cu o participare prioritară în producerea energiei numai în a doua jumătate a secolului al XX-lea, cu perspectiva de a-și păstra locul și în primele decenii ale secolului al XXI-lea. Reapare interesul pentru cărbune, conjugat cu *combustibilii nucleari*, pe o perioadă încă nedefinită, după care ar urma în perspectivă *fuziunea nucleară*, bazată pe transmutația artificială a elementelor ușoare: hidrogen, deuteriu și tritiu. Cu acest final al scenariului energetic va dispare și criza de energie, cum și cea de deteriorare a mediului înconjurător. Pe parcursul descris au mai participat, în sistemul energetic, cu pondere mai mică, ener-

gia hidraulică și energia eoliană și chiar alte forme (de ex. geotermică).

În dezvoltarea istorică a omenirii consumul cel mai scăzut de energie l-a realizat omul izolat, în faza de culegător, cu singura posibilitate de conversie biologică internă a unui potențial chimic asimilat, de 2 kWh/zi; în societatea mai avansată, de vînător, folosind și focul pentru încălzire și pentru prepararea alimentelor, consumul de energie estimat a fost de 5 kWh/zi.

Societatea agricolă, folosind și asigurarea solului prin desțeleniri și despăduriri — folosind, deci, o sursă regenerativă — a atins un consum de energie de 8 kWh/zi-om. În societatea și mai avansată, industria, transporturile și relațiile de producție, folosind combustibilii fosili, cu variate posibilități de conversie a acestora, consumul de energie a atins nivelul de 270 kWh/zi-om, dar numai în țările cele mai dezvoltate din punct de vedere economic, cum ar fi S.U.A., Suedia. Redăm după I. Purica,

Tabelul IV

Repartiția producției mondiale de electricitate

	Țări dezvoltate %	*Țări în curs de dezvoltare* %
Termo	85,6	14,4
Hidro	71,9	28,1
Nucleară	97,5	2,5
Geotermică	74,9	25,1
Total electricitate	83,7	16,3
Consum de electricitate pe locuitor (kwh) în 1981	6 450	410

Sursa : Calculat pe baza datelor din United Nations, Yearbook of World Energy, 1981.

consumul procentual de energie la nivelul populației globului:

71% din populația globului consumă sub 24 kWh/zi-om;
22% „ „ „ „ între 24—150 kWh/zi-om;
6% „ „ „ „ pînă la 200 kWh/zi-om;
1% „ „ „ „ peste 200 kWh/zi—om.

În deceniul 1971—1980, consumul de 270 kWh/zi-om provine din 11 kWh/zi-om pentru hrană; 75 kWh/zi-om consum casnic și comercial; 72 kWh/zi-om pentru transport, 112 kWh/zi-om pentru nevoile industriei.

Tendința este ca ridicarea nivelului de trai al întregii omeniri să se ridice la cel actual al țărilor industrializate, care în Europa este de 120 kWh/zi-om. Pentru aceasta se cere însă un consum de materiale energetice neregenerabile, care va duce curînd la epuizarea rezervelor de combustibili fosili.

Rezervele de combustibili și producția de energie

În prezent, *rezervele de combustibili fosili* exploatabile economic sînt estimate la:

— cărbuni — circa 10 100 mld.t;
— petrol (rezerve sigure) — 81 718 mld.t;
— gaze naturale — 257 000 mld m^3 rezerve estimate, din care rezerve sigure 72 000 mld m^3;
— combustibili nucleari — 4,5 mld tone uraniu.

Asupra rezervelor, producției și consumului pentru fiecare dintre combustibilii clasici se va reveni în partea a doua a lucrării.

Producția mondială de energie și ritmul ei de creștere este determinat de cerințele economice, care impun o dezvoltare continuă a mijloacelor de producție și, implicit, a productivității muncii. Astfel, pentru a se realiza o ridicare a productivității muncii cu 10%, se apreciază că este necesar să se mărească cu 10—13% dotarea energetică. Din această relație urmează ca la intervale de 10—20 de ani, după stadiul de dezvoltare în care se găsesc diferitele țări, să se dubleze consumul de energie primară din resursele convenționale..

Tabelul V

Semnificația în ani de consum a resurselor (R) sau rezervelor (r) în cazul cîtorva din principalele minerale

	Cuantumul resurselor (rezervelor) în milioane t	*Cuantumul consumului în 1980 în milioane t*	*Durata de viață a resurselor (rezervelor) în funcție de ritmul mediu anual de creștere a consumului*	
			2% (ani)	*5% (ani)*
0	*1*	*2*	*3*	*4*
Petrol*				
(R)	500 000	4 570	58	38
(r)	130 650	4 570	23	18
Gaze naturale*				
(R)	300 000	1 850	72	45
(r)	93 850	1 850	35	26
Cărbuni*				
(R)	10 125 300	2 720	218	107
(r)	636 400	2 720	86	52

* mineralele energetice sînt exprimate în milioane t.e.c. (tone echivalent cărbune) ; unitatea convențională „echivalent cărbune" corespunde unui conținut caloric de 7 000 Kcal/kg sau de 7 milioane Kcal/t.

Sursa : Calculat pe baza datelor din United Nations, Yearbook of Industrial Statistics, 1980 Edition, vol. II, United Nations, Mineral Resources Development Series No. 43, 1978.

În perioada 1938 — 1980 producția mondială de energie electrică a crescut de 10,85 ori. Producția de cărbune aproape s-a dublat, cea de țiței extras a crescut de peste opt ori, cea de gaze naturale, doar între 1960 și 1970, de peste două ori. Paralel cu creșterea producției de țiței, apare și creșterea producției de benzină de aproape 55 ori.

Analizînd producția și consumul de energie, pe plan mondial, între anii 1965 și 1980, rezultă că producția de energie a crescut între 1965 și 1978 de 1,6 ori și a rămas aproape staționară pînă în anul 1980. Consumul mondial de energie, în intervalul 1965—1978, a crescut

aproximativ de 1,6 ori, marcînd apoi o ușoară scădere pînă în 1980 inclusiv. Aceeași evoluție este marcată și în ce privește consumul mediu, pe locuitor, pe plan mondial, în același interval, de la 1 588 la 2 074 kW.

Tabelul VI

Producția și consumul de energie în echivalent tone huilă

Țara	Producția mil. tone		Consumul			
			Total mil. tone		Pe locuitor kg	
	1970	1982	1970	1982	1970	1982
Total mondial	7 045,3	8 933,4	6 439,6	8 405,4	1 748	1 825
S.U.A.	2 103,7	1 996,1	2 216,9	2 186,1	10 811	9 431
U.R.S.S.	1 216,4	2 013,5	998,7	1 560,7	4 114	5 768
Arabia Saudită	277,0	4 90,6	2,7	30,3	432	3 026
R.P. Chineză	303,8	636,7	288,4	586,1	354	581
Marea Britanie	144,5	311,3	271,3	253,3	4 895	4 538
Canada	205,0	274,5	188,8	239,5	8 852	9 699
Mexic	53,8	269,9	53,1	128,8	1 048	1 760
Venezuela	298,5	172,4	24,6	52,5	2 392	3 142
R.F. Germania	174,2	163,7	313,9	338,5	5 170	5 510
Polonia	130,6	171,1	116,3	163,2	3 574	4 465
Indonezia	63,9	118,5	13,8	35,8	116	229
Australia	59,6	154,0	60,6	108,4	4 843	7 164
India	67,8	132,5	76,4	143,8	142	200
Emiratele Arabe Unite	55,1	107,8	0,6	21,6	2 476	19 046
Nigeria	79,2	100,3	2,7	16,8	49	195
Iran	295,2	158,5	27,2	42,2	947	1 025
Olanda	45,2	92,0	59,8	83,6	4 589	5 830
Algeria	72,5	86,4	5,1	14,7	368	737
Kuweit	224,2	65,3	3,6	5,3	4 847	3 421
Jamahiria Arabă Libiană	232,4	86,1	1,3	8,1	672	2 509
R.D.Germană	81,0	89,9	104,5	123,3	6 128	7 385
Norvegia	7,5	83,1	17,6	25,1	4 546	6 097
ROMÂNIA	65,2	79,4	61,4	94,3	3 032	4 179
Irak	112,2	66,8	5,7	9,6	603	680
Cehoslovacia	63,8	66,3	77,4	96,5	5 403	6 239

(Anuarul statistic R.S.R.)

Producția și consumul de energie în echivalent tone huilă, în principalele 26 de țări este următorul:

Tabelul VII

Producția de energie electrică în 1933

Țara	*Milioane kWh*	*Pe locuitor kWh*
S.U.A.	2 382 612	10 160
U.R.S.S.	1 418 100	5 203
Japonia	555 504	4 658
Canada	408 844	16 410
R.F. Germania	371 844	6 054
R.P. Chineză	349 272	336
Franța	297 204	5 438
Marea Britanie	276 204	4 899
Italia	180 708	3 179
Brazilia	161 976	1 249
India	139 896	191
Polonia	125 821	3 440
Spania	114 276	2 989
Australia	109 188	7 104
Suedia	105 888	12 712
Norvegia	104 736	22 245
Mexic	82 344	1 096
Cehoslovacia	76 276	4 948
ROMÂNIA	70 260	3 115
Iugoslavia	65 772	2 885
Olanda	59 652	4 154
Belgia	52 464	5 321
Elveția	50 820	7 843
Coreea de Sud	48 852	1 223
Austria	42 612	5 644
Finlanda	40 116	8 254

(Sursa: Anuarul Statistic al R.S.R.)

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Structura balanței energetice

Consumatorii de energie

Cele mai mici consumatoare de energie între ramurile industriale sînt industria alimentară și industria ușoară. Față de acești consumatori, la aceeași valoare a producției, industria construcțiilor de mașini și electrică consumă de 2,5 ori mai multă energie; industria celulozei de hîrtie de 3—4 ori; industria chimică, a materialelor de construcție și a sticlei de 5—6 ori; industria metalurgică neferoasă și feroasă de 12—15 ori mai multă energie (C. Moțoiu, 1979).

Impactul cu mediul înconjurător

Prin folosirea combustibililor fosili și nucleari, ca surse energetice, rezultă cantități mari de reziduuri în stare fizică variată: gazoase, lichide și solide; acestea din urmă de la dimensiuni micronice pînă la cea de mărimea zgurilor din centralele termoelectrice. La toate acestea se mai adaugă cantitățile enorme de reziduuri gospodărești, din centrele urbane și industriale.

Se vor prezenta, în mod cu totul sumar, căile prin care se produce impactul între activitățile omului și echilibrele fizice și biologice din natură, un capitol care a interesat la început populația din zone urbane și industriale, extinzîndu-se apoi la regiuni întinse și în cele din urmă la forme mai extinse de colaborare și cooperare umană. Semnalul de alarmă a fost dat de populația supusă carențelor din mediul viciat, ca urmare a unor deșeuri, îndeosebi gazoase, emanate de coșurile termocentralelor și a fabricilor. Acesteia i s-au alăturat oamenii de știință, care au demonstrat urmările poluării asupra sănătății oamenilor și în deteriorarea echilibrelor biologice. În cele din urmă, instituții de cercetare științifică și departamentale, cooperarea dintre state și-au unit efortul de a convinge guvernele pentru luarea măsurilor necesare în vederea combaterii poluării și a reducerii mediilor de viață la condițiile cît mai apropiate de cele naturale.

Un exemplu elocvent în ceea ce privește grija pentru păstrarea nealterată a mediului înconjurător, pentru continua îmbunătățire a calității vieții și din acest punct de vedere, o constituie preocuparea continuă a statului nostru în domeniul protecției naturii. O seamă de legi și de reglementări asigură metode eficiente, științifice, de combatere a poluării, de prevenire a deteriorării echilibrelor naturale.

Poluarea industrială și prin transporturi. Fiindcă ciclul industrial începe practic cu activitatea minieră, menționăm că aceasta participă la deteriorarea mediului înconjurător prin haldele de steril care acoperă suprafețe tot mai extinse, alimentînd cu noxe aerul, apa, solul și stratele freatice, în care ajung ioni de Ni, Mn, Pb, Hg, Zn, SO_4^{2-} etc.

Termocentralele de mare putere elimină zilnic, prin coș, pînă la 3—5 vagoane de cărbune nears însoțit de gaze în care intră: CO, CO_2, SO_2, NH_3, NO, NO_2, săruri volatilizate, hidrocarburi. Zgurile sînt și ele surse de poluare prin Fe_2O_3, CaO, MgO, SiO_2. Termocentralele alimentate cu petrol emit în atmosferă: CO, CO_2, NO, NO_2, H_2S, SO_2, aldehide, hidrocarburi și cărbune nears, fin pulverizat.

Centralele termonucleare, CO_2 activ, impurități solide ale elementelor: Na, Cr, Fe, Co, ș.a.

Industria siderurgică prin tehnologiile de cocsificare, aglomerate, topire, decarburare, elimină în atmosferă mari cantități de gaze (chiar mii de metri cubi la tona de produs realizat), în care se găsesc și compuși nocivi. Din calcule rezultă că, acolo unde nu se are în vedere măsuri de protecție a mediului, un combinat siderurgic, cu capacitatea de 5 mil. tone oțel/an, elimină în atmosferă pînă la 100 t SO_2, 15 000 t CO_2, 1 000 t pulberi metalice de Mn, Pb (50—60 kg/t de Pb); Zn (pînă la 75 kg/t de Zn); Cu (pînă la 60 kg/t Cu). Se mai elimină cantități mai reduse de compuși cu Sb, As, Te, Hg, P, Cd, H_2S, Co, oxizi de azot, fenoli etc.

Industria chimică, cu toate măsurile de folosire a filtrelor pentru reținerea deșeurilor și a noxelor, elimină totuși substanțe dăunătoare prin uzinele de preparare a îngrășămintelor, prin industria coloranților anorganici,

prin industria petrolieră și petrochimică, prin fabricile de ciment, de zahăr, de celuloză. Noxele cele mai frecvente sînt: NH_3, H_2S, F, fenoli, cianuri, sulfocianuri, suspensii solide ș.a.

O participare substanțială la deteriorarea mediului înconjurător revine transporturilor moderne. Un avion supersonic poluează la decolare cît 10 000 de automobile la plecare, fiecare eliberînd în atmosferă cantități foarte mari de produși nocivi și de CO_2. Deasupra Oceanului Atlantic, peste care se fac cele mai numeroase curse de avioane, au apărut nori stratosferici, formați îndeosebi din vapori de apă și CO_2. În apa oceanelor și pe sol cad, anual, milioane de tone de carburanți nearși, tetraetil de Pb, aniamita (sub formă de pulbere toxică provenită de la mecanismele de frînare).

Prin arderea unui litru de benzină, se elimină în aer 400 g hidrocarburi, 23 g oxizi de azot, 1 g tetraetil de Pb, 0,9 g aldehide, ș.a. De pe aeroportul Kennedy din New York se răspîndesc în aer, anual, cantități ce depășesc 10 000 t CO, 3 000 t hidrocarburi, 330 t oxizi de azot, 100 t particule fine, mai ales cărbune.

Astăzi, cînd transportul auto a ajuns la aproximativ 400—450 milioane de automobile și autobuze, cînd aviația și navele sînt propulsate cu ajutorul benzinei și al păcurei, este ușor să ne dăm seama de cantitățile de material poluant care alterează mediile de viață.

Deșeuri casnice și gospodărești. La cele de mai sus trebuie să se ia în considerare marile cantități de deșeuri produse de fermele zootehnice și deșeurile produse prin activitatea gospodărească a cetățenilor din orașe și centre industriale. Unele dintre aceste deșeuri sînt greu degradabile, cum sînt masele plastice. Acestea din urmă, în Marea Britanie ajung la peste un milion de tone pe an, în Statele Unite la patru milioane. O parte din aceste deșeuri se ard, altele se acopăr cu un strat de pămînt arabil, în grosime de 4—5 m, care se dă circuitului agricol. Suprafața „cimitirelor" de acest fel a fost în Statele Unite de 780 km² în 1970, de 1 470 km² în 1975, de 3 500 km² în 1985 și se preliminează 6 200 km² în anul 1995. După unele date, în anul 1974, numai în Statele Unite și Franța, se produceau anual circa 4 mld t

de deșeuri solide, pentru transportul cărora erau necesare două milioane de trenuri, fiecare tren alcătuit din 40 vagoane de cîte 50 t.

Poluarea mediilor de viață. Poluarea atmosferei. Cantitatea de dioxid de carbon eliminată în atmosferă, într-un an, prin activitatea colectivității umane, este apreciată, după unele surse, la 20 mld t la care se mai adaugă aproximativ 270 mil t oxid de carbon, 220 mil t sulf, sub formă de SO_2 și H_2S, hidrocarburi nearse, aldehide, acroleină și compuși ai fluorului eliminați de avioanele cu reacție. În atmosferă se mai elimină aproximativ un miliard tone de aerosoli cu dimensiuni sub 10 microni, funingine, praf de asbest ș.a.

Unele gaze rămîn în atmosfera înaltă, unde produc perturbări în zona cu ozon, altele, cum este dioxidul și trioxidul de sulf se combină cu apa din atmosferă formînd acidul sulfuros și acidul sulfuric, acizi cu rol nefast în desfrunzirea pădurilor și asupra penelor păsărilor pe care le atacă și le distrug. Fără pene, păsările cad pe sol și, neputîndu-și păstra căldura, pier. Ploile încărcate cu produși toxici au acțiune distrugătoare asupra vegetației, asupra apei din lacuri și mări, influențînd în mod negativ viața.

Atmosfera încărcată cu substanțe toxice devine extrem de dăunătoare pentru regiunile industrializate în cazurile cînd se produc inversiuni de temperatură. În asemenea situații, deasupra regiunilor industriale se menține o ceață înăbușitoare, încărcată cu substanțe toxice supuse unei concentrări continue, prin noi cantități primite din instalațiile industriale. În astfel de împrejurări se formează smog, cînd luminozitatea și transparența aerului sînt reduse, aerul devine greu respirabil, substanțele nocive îmbibă mediul de la suprafața solului, intră și în grosimea solului și în apă. În aceste condiții, unele forme de viețuitoare sînt stînjenite în funcțiile lor de viață, iar lanțurile trofice din ecosistem pot fi chiar întrerupte.

Din regiuni industriale unele substanțe dăunătoare sînt transportate departe de sursă, pînă la distanțe de mii de kilometri unde pot fi detectate.

Cercetările efectuate asupra stării de puritate a atmosferei duc la concluzia că, la scară planetară, aerul

putea fi considerat curat la sfîrșitul deceniului trecut. În difuziunea noxelor de la centrele industriale înspre largul atmosferei, o mare capacitate a acestora este neutralizată prin mijloacele proprii de apărare ale atmosferei, ale solului și ale apei. Rămîn expuse regiunile industriale cu o extindere continuă și grăbită, cu suita de daune în sănătatea oamenilor și a mediilor de viață. Stă în puterea oamenilor, ca prin eforturi conjugate și cooperare să salveze natura și mediul înconjurător de efectele distructive ale poluării.

Poluarea apei dulci și a celei oceanice constituie un motiv de îngrijorare pentru organismele constituite ale colectivității umane. Ecologi, biologi angajați în păstrarea echilibrelor din ecosisteme, agronomi și zootehnicieni, răspunzători prin preocupările și funcțiile lor de asigurarea hranei pentru omenire, guverne răspunzătoare de o desfășurare armonioasă a muncii și producției de bunuri, acordă toată atenția stării de puritate pe care trebuie să o păstreze apa, ca mediu de viață, ca aliment și materie primă industrială.

Apele dulci colectează de pe continente mari cantități de deșeuri organice în descompunere, resturi de plante, spori, polen, semințe și fructe, la care se adaugă impuritățile canalelor din zonele urbane și industriale care nu și-au construit stații de epurare.

În regiunile intens industrializate — acolo unde nu se iau măsuri energice antipoluante, rîurile și în continuare fluviile au devenit veritabile canale de scurgere și de transport a unor mari cantități de deșeuri și de substanțe toxice. De cînd industria a luat dezvoltare în ultima jumătate de secol, în multe locuri pe glob situația devine îngrijorătoare. În apele rîurilor crește conținutul de plumb, mercur, cadmiu, cupru și fosfor. Din îngrășămintele chimice ajung direct în rîuri, sau prin intermediul stratelor freatice, importante cantități de fosfor. Toxicitatea crește în împrejurări în care apele conțin și poluanți cu bază de cianură, de 3,4 benzpiren, de 2,3,4 benzoantracen, stimulenți cancerigeni.

Dacă la cele de mai sus se adaugă detergenții, pesticidele și insecticidele, noxele depuse de smoguri în apele ce străbat zone industriale, suspensiile de la stațiile de spălare a cărbunilor și de la multe alte surse, este de înțeles primejdia contaminării apei dulci, care este în

cantitate așa de mică pe Pământ. Dacă în circuitul apei dulci s-ar opri, la un moment dat, toate precipitațiile atmosferice cum și activitatea izvoarelor și a gheţarilor, cantitatea s-ar epuiza în 14 zile.

Oceanele colectează apa fluviilor, a gheţarilor și banchizelor polare, la care se adaugă cea a ploilor căzute direct din atmosferă. În oceane deci ajung poluanți de pe continente și direct din atmosferă. Deosebit de dăunătoare devin deșeurile produse de vapoarele care traversează apele oceanelor în toate direcțiile. Petrolierele eșuate produc „mareele negre" care acoperă mari suprafețe oceanice și marine, la fel unele sonde de petrol din subsolul oceanic, în erupție.

O fîșie de cîteva sute de kilometri lățime din apa Oceanului Atlantic, peste care se face cel mai intens transport aerian, a ajuns într-un deficit fotosintetic al fitoplanctonului. Pe acea fîșie și, sigur, și pe altele similare, intensitatea creerii de materie organică a scăzut cu 30% față de normal.

La cele de mai sus se adaugă poluarea solului.

Ca mod de acțiune al poluanților se deosebește: poluare fizico-chimică, fizică, radioactivă, biologică. În fața noxelor care sporesc în mediile de viață, natura începe și, în unele regiuni, a și început să-și piardă capacitatea de autoapărare. În astfel de împrejurări echilibrele biologice, cu caracterul lor ușor labil, se destabilizează, din lanțul trofic eliminîndu-se unii producători sau consumatorii de prim ordin, carența fiind deschisă pentru termenii următori.

Radionuclizii, la rîndul lor, produc deranjamente ale codului genetic, care dau malformații sau altfel de eșecuri biologice.

Cele menționate mai sus se agravează în cazul intensificării înarmărilor nucleare și mai ales într-un război nuclear care ar pune în primejdie viața omului și a biosferei.

Partea a doua

SURSELE ENERGETICE CONVENȚIONALE

Capitolul 3

GENERALITĂȚI

Această mare categorie de surse energetice a intrat, în mod succesiv, în folosirea curentă, menținîndu-se cu o anumită și variată participare în balanța energetică a omenirii și constituie obiect de planificare în acest scop.

Ponderea cea mai mare, pentru nevoile energetice, de la începuturile preistorice îndepărtate pînă astăzi o asigură sursele de origine organică. Masa organică este formată din carbon, hidrogen, oxigen, azot și sulf ca elemente principale, care prin diferite procese chimice dau compuși organici ai materiei vii: *hidrocarbonate* sau *glucide* (glucoza, zaharoza, fructoza, amidon, celuloza, lignină); *lipide* (grăsimi și uleiuri) și *substanțe proteice* sau *proteine*.

Hidrocarbonatele constituie partea cea mai importantă a țesuturilor vegetale. Sînt compuse numai din carbon, oxigen și hidrogen în proporții stabile, caracteristice fiecărui compus. Celelalte două categorii de substanțe organice (proteinele și lipidele) sînt mai puțin prezente. În schimb, țesuturile animalelor sînt formate mai mult din proteine și lipide, foarte rar și în mică proporție din hidrocarbonate. Acestea din urmă însă constituie baza metabolismului, atît la plante cît și la animale. Dar metabolismul care asigură formarea țesuturilor de structură vegetală este glucidic, pe cînd la animale faza metabolismului pentru formarea țesuturilor de structură este proteică și lipidică.

Materia organică apare prin procesul de *fotosinteză*, efectuat de către cloroplaste (organite în celulele vegetale) încărcate cu clorofilă, pigment organic cu conținut de magneziu, (pigmentul verde al frunzelor) sub ac-

țiunea luminii solare. Apa din frunze, împreună cu bioxidul de carbon luat din atmosferă sau din apă, sub acțiunea luminii solare, se combină și dau primii produși organici, aldehida formică în prima fază. Aceasta, prin polimerizare, formează glucoza. În reacțiile de formare a glucozei este încorporată și o cantitate de energie solară, exprimată în calorii. Reacțiile de formare a glucozei pot fi date prin egalitatea:

$$6CO_2 + 6H_2O + 2{,}8 \times 10^6 \text{ J (energie solară)} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Energia solară, care înlesnește reacția, este captată și înmagazinată sub formă de potențial chimic (un depozit energetic) în molecula de glucoză și va fi folosită în momentul cînd molecula de glucoză este consumată în țesuturi (vegetale sau animale). Aceste procese se încadrează în principiul I al termodinamicii, cel al conservării energiei și al transformării energiei (fără pierderi sau adiționări) în alte forme de energie. Potențialul chimic conținut de molecula de glucoză se păstrează în toată scara de combinații chimice cu plecarea de la glucoză, în hidrocarbonate, în glucide și în proteine. Fiecare gram din aceste substanțe are un echivalent energetic specific: hidrocarbonatele — 4,1 cal; lipidele — 9,3 cal, proteinele — 4,1 cal. Acest potențial chimic se păstrează și în metabolismul viețuitoarelor. El asigură temperatura normală a corpului animalelor cu temperatura constantă. Tot el răspunde în metabolismul scăzut al animalelor hibernante de păstrarea firului vieții ca și în supraviețuirea mugurilor pentru frunze și flori în lupta cu gerurile iernilor aspre, în supraviețuirea sporilor și semințelor etc.

Potențialul chimic sau energetic al substanțelor organice se păstrează și cînd aceste substanțe sînt conservate în cărbuni și în hidrocarburi (petrol și gaze naturale). Consumul actual al acestor substanțe, cu o vechime, adesea, de peste 300 milioane de ani, este o conversie a energiei solare din timpuri geomilenare în căldura pe care o obținem în prezent prin arderea combustibililor fosili. Ne încălzim cu energia de atunci a radiației solare!

Din expresia dată la formarea glucozei mai rezultă încă o relație, cea cantitativă a moleculelor de dioxid de carbon folosite în fotosinteză și a moleculelor de oxigen rezultate. Pentru fiecare moleculă de dioxid de carbon folosită de plantă, luată din atmosferă sau din apă, se restituie acestora o moleculă de oxigen, necesar în perpetuarea vieții. De altfel, în trecutul îndepărtat al Pământului, cînd atmosfera începutului planetar a avut un conținut toxic, plantele au fost acelea care au purificat mediul lor de viață, la început în oceane prin fotosinteza plantelor planctonice (viețuitoare în majoritate unicelulare, libere în partea de suprafață a apei) și bentonice (fixate de fundul puțin adînc al apelor oceanice). Oxigenul eliberat în apa oceanelor a trecut și în atmosferă, care a fost și ea purificată în ultimă fază după apariția plantelor de uscat.

Rezultă, deci, rolul plantelor în viața planetei. Ele folosesc un potențial anorganic terestru și sursa energetică solară și prin masa organică produsă întrețin viața animalelor. Între masa vegetală și cea animală rezultată este o legătură de sistem condiționat și echilibrat, care constituie *echilibrul biologic* sau *ecologic*. Orice dereglare a unui factor care intervine în sistem produce o perturbare care poate duce la pierderea echilibrului biologic, ceea ce astăzi duce la serioase dereglări sau crize economice și sociale. De reținut este, și în acest echilibru biologic, menținerea importantului bilanț energetic. O anumită suprafață de sol poate produce o anumită cantitate de masă vegetală, care, la rîndul ei, poate întreține un anumit număr de consumatori animali. Variațiile în plus sau în minus depind de plinătatea sau insuficiența unor factori climatici sau de intervenția bună sau necorespunzătoare a omului.

În această parte a lucrării, se vor face considerațiile necesare asupra resurselor energetice, de natură organică: masa lemnoasă actuală și combustibilii fosili. Vor fi date apoi unele informații asupra energiei hidraulice și asupra combustibililor nucleari.

Capitolul 4

LEMNUL ȘI MASA VEGETALĂ ANUALĂ CA SURSĂ ENERGETICĂ

Generalități

Folosirea lemnului ca sursă energetică a început o dată cu descoperirea focului. Consumul de masă lemnoasă a crescut pe măsură ce aceasta a fost necesară în construcții și pentru prelucrarea altor materii prime naturale, pentru ceramică și, în continuare, pentru obținerea metalelor din minereurile care le conțineau, cum și la prelucrarea metalelor (arme și unelte).

Popoarele antice din apropierea Mării Mediterane pînă în Regiunea Golfului, și chiar mai departe în Asia, au lăsat urmele unor civilizații care s-au putut dezvolta și evolua prin folosirea unor surse minerale (argile și minereuri de cupru și fier) cu ajutorul cărora și-au creat confortul necesar familiilor (locuințe) și colectivității (cetăți pentru apărare). Pentru desfacerea produselor realizate, necesare schimbului de mărfuri, a sporit și s-a îmbunătățit transportul pe apă. După ambarcațiuni modeste, necesare pescuitului, au urmat corăbii de capacitate sporită pentru comerțul cu popoarele din sudul Europei și din nordul Africii, cum și pentru expediții în vederea cuceririi de noi terenuri. Confecționarea corăbiilor, a cuptoarelor metalurgice și nevoile gospodărești au făcut apel la aceeași sursă, lemnul, oferit de pădurile de foioase (fag, stejar ș.a.) și de rășinoase. Îndeosebi pinul de Alep și cedrii din Liban și Cipru au acoperit în cea mai mare măsură nevoile din zona Mediteranei de est. Transportul pe mare, la un nivel ridicat, atins de fenicieni (care trăiau în Libanul de astăzi), prin vechile orașe-port Tyr și Sidon, s-a întins în întreaga zonă mediteraneană. Au fost stabilite legături comerciale cu grecii, romanii și cu popoarele din nordul Africii. Din preajma golfului, urmărind coasta sudică a Asiei, s-a făcut o legătură pe mare cu popoarele din India și Indochina.

Un comerț așa de întins avea nevoie de o flotă comercială dezvoltată, care a secătuit pădurile de cedri și

de pin de pe teritoriile ocupate astăzi de Israel, Iordania, Liban și Turcia. Consum ridicat de lemn a solicitat flota și metalurgia grecilor și romanilor.

Consumul de masă lemnoasă de către o societate care sporea sub raport demografic, cum și sub cel al cerințelor vieții, a continuat în tot timpul evului mediu. În nordul Europei, constituirea unor state suverane, ca și flota vikingilor, au solicitat lemnul din aceleași păduri de foioase și de rășinoase; consum mai ridicat în timpul și mai ales după Renaștere, în perioada de început a capitalismului cu dezvoltarea industriei metalurgice.

Pădurile au fost reduse ca suprafață și datorită nevoii crescînde de alimente pentru o populație în creștere. Se căutau astfel noi terenuri agricole, cu fertilitate naturală ridicată, care se obțineau prin despăduriri intense. În scurt timp acele terenuri secătuite în urma unei agriculturi primitive erau părăsite și degradate prin eroziune. Procesul a continuat în dauna pădurii.

Din neolitic pînă în zilele noastre (ca în Africa ș.a.) s-a practicat incendierea pădurilor pentru îngrășarea terenurilor necesare agriculturii fără arat sau cu arătură rudimentară. O familie neolitică, trăind pe două hectare, ardea anual pînă la cincizeci tone de lemn, fără nici un folos energetic (G. Bienvenu). Dintotdeauna lemnul a fost necesar la încălzire, în construcții, iar mai recent, o dată cu zorii revoluției industriale, pentru consumul locomobilelor și a locomotivelor. În Franța, în 1746, consumul de lemn a fost de 40 mil. steri[1] m^3, la o populație de 28 mil locuitori. Pentru a obține o tonă de fier, se consumau 500 steri de lemn. Transportul feroviar cu locomotive alimentate cu lemn continuă și astăzi în unele țări de pe glob.

În prezent, în țările subdezvoltate și în unele în curs de dezvoltare arderea lemnului constituie principala sursă de energie pentru nevoi gospodărești. Pentru o treime din populația globului, lemnul și deșeurile agricole reprezintă principala sursă combustibilă la încălzitul locuinței și pentru gătit. În India, 48% din consumul de energie de către populație se obține din surse neconvenționale. Din calculele specialiștilor rezultă că, în numeroase țări, consumul anual de lemn este de aproximativ o tonă pe cap de locuitor.

[1] ster = 1 m^3

Pentru poporul român lemnul, pădurea (codrul) a fost o componentă de prim ordin a dăinuirii sale istorice. Pădurea a fost refugiu și scut în timp de restriște, i-a asigurat permanența și trecerea peste mari și grele încercări, i-a oferit cadrul natural strategic pentru pedepsirea celor care, cu gînd rău, i-au călcat hotarele. Pădurea l-a încălzit și l-a ajutat să-și construiască adăposturi pentru el și pentru animale.

Lemnul a fost materialul de nădejde în construcții, pentru instalațiile tehnice țărănești (pive, mori de apă, joagăre, teasc pentru ulei ș.a.) S-a dezvoltat un cult pentru lemn, pădure, codru, manifestat în lucrări de artă, în creațiile folclorice și în literatura cultă. De aceea se poate vorbi, pe drept cuvînt, din cele mai vechi timpuri, că a existat o civilizație a lemnului (D. Gusti), o civilizație românească a lemnului (C. C. Giurescu, 1981).

Lemnul este dat de tulpinele arborilor spontani și cultivați, reprezintă totalitatea țesutului lemnos așezat sub scoarță. La unii arbori se deosebește o zonă exterioară a lemnului, de culoare mai deschisă numită alburn și o parte interioară, mai închisă la culoare numită duramen, mai dură și mai rezistentă la tăiere și la prelucrare. Este așa numita „inimă" a lemnului.

Se deosebesc arbori în care predomină alburnul (carpen, arin, mesteacăn ș.a.) și arbori în care predomină duramenul (salcîmul, stejarul, nucul, mărul, prunul, cireșul, tuia, ienupărul). Schilberszky a propus o scară a durității lemnului la principalele esențe lemnoase, pe care le împarte în opt grupe, începînd cu esențele tari „ca piatra" (abanos, teack) și terminînd cu lemnul foarte moale (tei, plop, salcie). Lemnul folosit la ars face parte din categoriile 4—7.

✕ *Mangalul* (cărbunele de lemn) a fost folosit în industrie și continuă a fi folosit la forje în zonele rurale, cum și în nevoi gospodărești. Este considerat un combustibil de calitate superioară (7 000 kcal/kg). Se obține în așanumitele „bocșe", în care bucățile de lemn se așază în grămezi de forma unui con turtit, care se acoperă cu un strat subțire de pămînt. În bocșe se introduce lemn de calitate inferioară: copaci rupți, trunchiuri noduroase care nu pot fi valorificate altfel. Așezarea lemnului se face astfel încît să permită o ardere incompletă, prin care masa lemnoasă pierde substanțele volatile, rămî-

nînd un lemn, o celuloză îmbogățită procentual în carbon și hidrogen, cele două elemente care asigură o ardere cu temperatură foarte ridicată. Mangalul are culoarea neagră, este poros și ușor.

Avînd în vedere faptul că lemnul continuă a fi și în zilele noastre o sursă energetică, se vor da cîteva informații asupra pădurilor și consumului de lemn pe plan mondial.

Repartiția pădurilor pe glob

Pădurile sînt răspîndite pe mari întinderi, dar inegal, acoperind circa 1/3 din suprafața terestră. Se întind în toate zonele climatice, din apropierea Cercurilor polare pînă la Ecuator, sub raportul latitudinii geografice, și distribuite, altitudinal, din zonele de cîmpie pînă sub pășunile alpine (tabelul VIII).

Tabelul VIII

Continentul și subcontinentul	Supraf. uscatului	din care:				
		Teren forestier	Total	păduri proprii-zise		
				de producție	de protecție și terenuri neproductive	procent din totalul pădurilor
		— în milioane hectare —				
1	2	3	4	5	6	7
Europa (fără U.R.S.S.)	471	144	138	108	30	3,4
U.R.S.S.	2 144	1 257	910	770	140	22,1
Asia (fără U.R.S.S.)	2 700	550	500	415	85	12,1
Africa	2 970	710	700	300	400	17,0
America de Nord	1 875	750	713	593	120	17,3
America de Sud	1 760	890	830	650	180	20,1
America Centrală	272	76	71	41	30	1,8
Zona Pacificului	842	255	251	146	105	6,1
TOTAL	13 034	4 632	4 113	3 023	1 090	100,0

(Economia forestieră, I. Milescu ș.a., 1982)

În cele ce urmează, prezentăm o clasificare și repartiție a pădurilor, pe glob, după F.A.O.:

• *păduri de rășinoase din zona climatului rece,* care se întind sub forma unei fîșii aproape continue între paralelele de 50°—70° din emisfera nordică, peste Norvegia, Suedia, Finlanda, nordul U.R.S.S., Canada. Intinderea cea mai mare o au în *taigaua siberiană,* cu o lungime de 5 000 km, de la est de Ural, pînă la Oceanul Pacific, cu o lățime variabilă, pînă la 1 000 km;

• *păduri de foioase și de rășinoase din zona climatului temperat,* la trecerea de la relieful de deal la cel montan accidentat. Se întind aproape exclusiv în emisfera nordică între paralelele de 30°—50°. Sînt alcătuite din rășinoase (brad, pin, ienupăr), fag, mesteacăn, plop, carpen, paltin, salcîm, arin ș.a. Se întind în centrul, sudul și sud-estul Europei, între taigaua siberiană și stepă, în estul R. P. Chineze, în Japonia, Canada și Statele Unite ale Americii;

• *păduri din zona climatului temperat-cald,* care fac trecerea de la pădurile de foioase din zonele temperate la pădurile tropicale. Sînt alcătuite din esențe rășinoase și foioase. Sînt răspîndite în estul, sudul și sud-estul Asiei (China, Coreea, Japonia, India) constituite fiind din foioase cu frunziș permanent, cu numeroase specii de bambus. În America de Sud se întind mai ales în Brazilia și Chile fiind constituite în mod predominant din *Araucaria* (rășinos), pinul de Brazilia, pin de Chile. Răspîndit este Ilex paraguaiensis. În estul Statelor Unite ale Americii aceste păduri sînt alcătuite din stejari, magnolii, pin și *Taxodium;*

• *păduri xerofile din zona climatului temperat cald,* supuse unor perioade lungi de secetă. Conțin specii rezistente la uscăciune. Nu prezintă o valoare economică, lemnul fiind folosit pentru nevoi gospodărești. Se întind în zonele de trecere de la pădurile de foioase la vegetația de stepă, în Asia de vest și în zona centrală a Americii de Nord;

• *păduri de tip mediteranean,* alcătuite din specii de tip xerofit, cu frunze mici, aspre, persistente, rezistente la uscăciune. Între speciile acestor păduri menționăm: stejarul (de Alep, de plută), cedrul, migdalul, dafinul, eucaliptul de talie redusă. Sînt răspîndite în apropierea Mării Mediterane: Algeria, Maroc; Tunisia, Libia. Orien-

tul Apropiat, Spania, sudul Franței, Italia, Iugoslavia, Albania, Grecia, Turcia, sudul Crimeii, în sudul Africii, în Australia, în sud-vestul Californiei;

• *păduri tropicale* situate între cele două tropice. Sînt cele mai întinse, acoperind aproape jumătate din fondul forestier mondial. Spre deosebire de pădurile menționate anterior, cu un caracter de relativă uniformitate, pădurile tropicale prezintă mai multă variație cu specific propriu;

• *păduri umede, veșnic verzi,* cele mai complexe, cu esențe de înălțime mare, în structură etajată, compacte și umbroase, în zone cu precipitații bogate (2 000—12 000 mm apă). Se întind în Africa (120 milioane hectare; în Asia de Sud-Est și Australia (130 milioane hectare); în America Latină (220 milioane hectare);

• *păduri umede cu frunze căzătoare,* în zone cu temperatura medie anuală de 22°—27°C și bogate în precipitații (1 200—5 000 mm). Sînt repartizate în mod neuniform, unele în arcale cu precipitații reduse. Sînt răspîndite în Asia de sud-est, în Africa Centrală (Nigeria, R. P. Congo, Zair, Ghana) în suprafețe mici, în America Centrală și în interiorul Americii de Sud; în Antile. Ca bogăție, sînt mai reduse decît precedentele. Conțin însă și esențe valoroase, ca: cedrul spaniol, teack, acaju;

• *păduri xerofile cu frunze căzătoare,* întinse în zonele tropicale cu temperaturi ridicate, dar sărace în precipitații. În unii ani, seceta durează 6—11 luni. Vegetația este sărăcăcioasă și mai redusă ca specii, între care baobabul. În Africa ocupă o suprafață de aproape jumătate de milion hectare, într-o fîșie din Senegal pînă în Etiopia, continuînd în estul Africii, pînă în Africa australă. În Asia se întinde în centrul Indiei. În America apare în America Centrală, Antile, în Venezuela, Columbia, în estul și sudul Braziliei pînă în nordul Argentinei, în Paraguai și Bolivia;

• *păduri de mangrove* alcătuite din specii forestiere de tip tropical, în zone periodic inundate de maree, din lagune, estuare, limane, delte. Ocupă suprafețe de forma unor fîșii de lungimi mari și lățimi pînă la 25 km. Sînt totdeauna verzi, foarte dese, greu penetrabile, copacii adesea bogați în rădăcini adventive și prinși în țesătura deasă a lianelor. Acestea sînt pădurile cu cea mai bogată masă lemnoasă pe un metru pătrat. Se în-

tind în India și Pakistan, în deltele fluviilor Gange și Brahmaputra, unde ocupă o suprafață de 6 mil km²; în Africa (Tanzania, Kenya) — 1,6 mil km²; în Malayezia — 150 000 km².

Pădurile de mangrove, cu vegetația lor luxuriantă au avut un rol important în acumularea, conservarea și transformarea masei vegetale în combustibili fosili;

• *păduri de bambus* cuprinzînd 700 specii de bambus, răspîndite în regiuni tropicale din Asia de sud-vest, sudul R. P. Chineze, Coreea de Sud; în Kenya și Republica Africană de sud, în Chile, Brazilia, Columbia, Ecuador, Venezuela, America Centrală.

Pădurea de bambus se regenerează ușor, în 4—5 ani, planta putînd fi comercializată. Bambusul poate trăi pînă la 60 de ani.

Pădurea tropicală, pe toată întinderea ei, a suferit mari pierderi (un miliard hectare) în ultimul secol, ca urmare a extinderii terenurilor agricole, a căilor de comunicație, tăieri de esențe rare pentru industrie etc. Reducerea suprafeței pădurilor tropicale continuă.

Resursele forestiere ale Terrei

Pădurile ocupă o treime din suprafața Terrei, circa 4 094 mil ha.

Din suprafața arătată, numai jumătate este luată în exploatare și în supraveghere de către om. Cealaltă jumătate o constituie pădurile virgine greu accesibile și inaccesibile din taigaua siberiană, din Africa Centrală și mai ales din America de Sud (bazinele fluviilor Orinoco și Amazon). Aproximativ 2/3 din suprafață este acoperită de foioase și numai 1/3, circa 1 200 mil ha de păduri rășinoase, situate exclusiv în emisfera nordică.

Se apreciază că în pădurile de astăzi există aproximativ 238 000 mil m³ masă lemnoasă „pe picior", deci în situația de a putea fi exploatată.

Volumul mediu de masă lemnoasă la hectar variază de la 25—65 m³ în Africa și zona Pacificului, la 100 — 165 m³ în Europa, U.R.S.S. și America de Nord. Aproximativ 50% din volumul masei lemnoase existente este dat de esențele rășinoase.

Tabelul IX

Pădurile și prelevările de masă lemnoasă

Păduri (suprafețe în milioane ha)	
Africa	696
America de Nord	683
America de Sud	943
Asia*	546
Europa*	155
Oceania	151
U.R.S.S.	920
Total mondial	4 094
Prelevări pe plan mondial (milioane m³) în 1981	3 119
din care :	
— lemn pentru foc	1 759 (56,4%)
— lemn pentru prelucrare	1 360 (43,6%)

* fără U.R.S.S., inclusă separat.

Sursa : F.A.O., Production Yearbook, 1981, vol. 35, F.A.O., Rapport sur l'alimentation mondiale, Rome, 1983

Consumul anual de masă lemnoasă în urmă cu 15 ani a fost de circa 2 000 mil m³, din care 50% esențe rășinoase. Exploatările cele mai intense au fost făcute în America de Nord (S.U.A. și Canada). Raportat la suprafețele de pădure exploatate, situația a fost următoarea: America de Nord — 400 mil ha; Asia (fără U.R.S.S.) — 380 mil ha; U.R.S.S. — 360 mil ha; Europa — 320 mil ha.

Ritmul actual al despăduririlor este de 11 300 00 ha/an, cu o viteză zilnică de 21 000 ha, ceea ce revine la

Tabelul X

Silvicultura mondială în cifre
(pe baza datelor medii în perioada 1980—1981)

	Țări dezvoltate	*Țări în curs de dezvoltare*
Resurse		
— suprafețe acoperite cu păduri %	44	56
Producție		
— prelevări totale %	41	59
— lemn pentru foc %	14	86
— lemn pentru prelucrare %	77	23
— total producție (valorică) %	61	39
Consum		
— lemn pentru foc %	14	86
— lemn pentru prelucrare %	79	21
— pe locuitor (m^3) din care:	1,0	0,09
cherestea (m^3)	0,3	0,03
panouri (m^3)	0,07	0,004
hîrtie (kg)	128	9
Industria prelucrătoare a lemnului %	89	11
Comerț		
— exporturi lemn pentru prelucrare %	68	32
— importuri lemn pentru prelucrare%	86	14
— exporturi produse forestiere (valoric) %	84	16
— importuri produse forestiere (valoric) %	83	17

Sursa: Calculat pe baza datelor din F.A.O., Production Yearbook 1981, vol. 35, F.A.O., Annuaire du commerce, 1981, vol. 35. F.A.O., Yearbook of Forest Products, 1981, F.A.O., Rapport sur l'alimentation mondiale, 1983, United Nations. Statistical Yearbook, 1981, United Nations, Yearbook of Industrial Statistics, 1980 și 1981, vol. I și II.

ROMSILVA - CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

21,5 ha/minut. La nivelul anului 2000 se prevede o creștere a consumului de lemn pînă la 5 mld m^3, din care 3,2 — 3,8 mld m^3 lemn pentru industrie și lucru și 1,0 — 1,2 mld m^3 pentru combustibil.

Lemnul de lucru, din totalul masei lemnoase exploatate, a fost de peste 55% în 1966, pe plan mondial. În Europa, U.R.S.S. și S.U.A. acest procent a atins valori de 80% și este în urcare. Restul masei lemnoase exploatate a fost folosit la ars în locuințe, în lipsa altei surse de energie.

Valoarea produselor rezultate din prelucrarea lemnului, pe plan mondial, a fost de 42 mld dolari, în urmă cu două decenii, estimîndu-se că va ajunge la aproximativ 80 mld dolari, la mijlocul deceniului în curs reprezentînd un volum de circa 3 330 mil m^3. Creșterile se produc mai ales la produse stratificate (panel, furnir ș.a.) și la produse papetare.

Pădurile în România

Pădurile ocupă circa 27% din suprafața teritoriului țării, fiind repartizate după cum urmează: în zona de munte, la peste 700 m înălțime, 60%, în zona de deal (150—700 m/altitudine), 29%; în zona de cîmpie, 11%.

Suprafața teritoriului țării acoperită de păduri este de 6,334 mil ha, din care pădure propriu-zisă 6,161 mil ha.

Țara noastră se găsește pe locul X—XII în Europa, sub raportul suprafeței pădurilor față de suprafața totală a teritoriului. Pădurile României sînt dintre cele mai productive din lume, cu 204 m^3 masă lemnoasă la hectar, de 2—4 ori mai mare decît a majorității țărilor din Europa, și aproape de două ori mai mare decît media mondială, care este de 110 m^3/ha.

Resursele totale de masă lemnoasă ale României sînt de circa 1 270 mil m^3. Se exploatează anual 20 mil m^3. Volumul care se exploatează este sub media volumului de creștere anuală, care este de 28 mil m^3. Rezultă deci un spor de masă lemnoasă „pe picior".

Din masa lemnoasă care se exploatează, aproximativ 80—85% se prelucrează industrial. Rămîne un procent de 15—20%, care se întrebuințează pentru foc (3—4 mil m^3).

Viitorul pădurilor

Suprafața pădurilor este în scădere, pe plan mondial și acest proces va continua încă în țările slab dezvoltate și în unele din cele în curs de dezvoltare. Nevoia de masă lemnoasă pentru cerințe interne (încălzit, construcții și industrii la început de dezvoltare), precum și livrări prin export a lemnului rotund (bușteni) neprelucrat solicită pădurile unor țări la exploatarea unor volume care depășesc capacitatea lor de creștere anuală. La acest proces se adaugă extinderea unei agriculturi cu metode și mijloace precare, pentru a folosi terenul fertil al pădurilor. Terenul cucerit este părăsit după cîțiva ani, fiind trecut la un pășunat nerațional, supus apoi eroziunii, și, în multe regiuni pe glob, la extinderea deșertului. Pentru nevoile agriculturii urmează alte despăduriri și pierderea crește an de an.

Se pierde deci nu numai pădurea, ci și solul care s-a format în mii și milioane de ani. Pădurea este și un regulator climatic și hidrologic. Este și cea mai importantă uzină de oxigen a uscatului terestru, în afară și de faptul că este mediu de trai pentru alte viețuitoare, pe care le adăpostește și cu care constituie echilibre biologice.

Prin organisme ale Organizației Națiunilor Unite, prin acțiuni guvernamentale și sprijin internațional s-au constituit colective care au ca scop studiul și proiectarea unor activități care să frîneze acest dezastru, să îmbunătățească și să dea o desfășurare dirijată, creatoare în economisirea fondului forestier mondial.

Dată fiind epuizabilitatea purtătorilor clasici de energie, se va da o importanță mai mare împăduririlor mai ales cu esențe care prezintă un grad superior de utilizare a radiației solare în fotosinteză, arbori adaptabili la alte terenuri decît cele necesare agriculturii; arbori și arboret cu creștere rapidă utilizabili în noi agregate care să producă energie, după schema:

vegetație (incl. deșeuri) ——(combustie)——> căldură ——> abur ——> electricitate
căldură ——> încălzire
căldură ——> alte procese industriale

Combustia deșeurilor menajere poate asigura, în medie, un kWh la fiecare 2 kg. deșeuri.

Procedeele chimice și biologice, de conversie a potențialului vegetal în forme de energie necesare economiei sînt în perspectiva unor etape preliminate de dezvoltare.

Printre acestea se afirmă: piroliza în lipsa oxigenului (distilare la temperatura de 500°C); hidrogenarea (un procedeu catalitic, cu apă și bioxid de carbon, la temperatura de 350°C); fermentația anaerobă.

Instalațiile de biogaz, care folosesc deșeuri animale și vegetale vor fi surse de energie, în viitor în mediul rural, în unități agro-zootehnice și în zone geografice izolate.

*

În ceea ce privește preocupările de viitor în țara noastră, Legea nr. 2 din 1976, privind *Programul național pentru conservarea fondului forestier*, în perioada 1976—2010, printre altele prevede:

— asigurarea unui regim normal de tăiere și de regenerare a pădurilor pentru realizarea unei structuri a pădurilor pe clase de vîrste mai echilibrate;

— conservarea, dezvoltarea și creșterea productivității fondului forestier, care se va menține în perspectivă pînă la anul 2010 cel puțin la actuala întindere, avînd ca obiectiv promovarea speciilor forestiere autohtone;

— cele 700 mii ha de pădure slab-productive se vor reface în ritm accelerat cu specii repede crescătoare și de valoare economică ridicată. Se vor crea culturi silvice specializate în producția lemnului de celuloză pe 450 mii ha pînă în anul 2000;

— se va accentua: creșterea gradului de industrializare a lemnului; reducerea volumului lemnului de foc, pentru construcții, traverse, stîlpi, susținere a lucrărilor miniere; valorificarea integrală a lemnului de mici dimensiuni (arăci, deșeuri) prin recircuitarea lor; diminuarea la minimum posibil a pierderilor de exploatare, ajungînd la 2,5% în anul 2010; valorificarea și sporirea aportului de subproduse biologice (vînat, pescuit, fructe, plante medicinale); participarea pădurilor la menținerea echilibrelor ecologice, la protecția solurilor, a versanților și a culturilor;

— organizarea cercetării silvice și a amenajării pădurilor;

— îmbunătățirea activității de conducere a silviculturii prin crearea unui regim unitar de gospodărire a tuturor pădurilor;

— eficiența economico-socială a măsurilor de politică forestieră.

În Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R. se accentuează sarcinile privind politica forestieră, o politică de stat care reclamă formarea unei conștiințe de masă, o participare generală, nu numai a specialiștilor, ci și a întregului popor.

Capitolul 5

CĂRBUNELE

Vechimea cunoașterii și a folosirii cărbunelui

În vetrele unor așezări omenești de pe teritoriul Chinei, arheologii au găsit dovezi privind folosirea cărbunelui de către om încă de la începutul comunei primitive. Popoarele așezate pe coastele Mării Mediterane — egiptenii, grecii și romanii — au întrebuințat cărbunele în timpul mileniilor II și I î.e.n. Dovezi scrise în această privință ne-a lăsat Aristotel (384—322 î.e.n.). Teofrast (372—287 î.e.n.), descriind unele roci și minerale, menționează și cărbunele. Naturalistul roman Plinius C. Secundus (23—79 e.n.) în lucrarea „Historia Naturalis" prezintă unele date despre cărbuni.

Eruditul filozof și medic arab Ibn Sina cunoscut și sub numele de Avicenna (980—1037), în lucrarea „Tratatus de mineralibus" înserează și cărbunii.

Din lucrările menționate nu rezultă însă că în antichitate și în evul mediu, în timpul primului mileniu, ar fi existat exploatări organizate pentru valorificarea cărbunilor. Prima exploatare, atestată în Europa, datează din anul 1000 la Zwickau (R.D.G.), urmată de cea de la Würmthal (1113). În secolul al XIII-lea a început ex-

ploatarea cărbunilor în Anglia, la Newcastle, Sheffield, în Țara Galilor și în Scoția.

Un interes sporit pentru folosirea cărbunilor apare la sfîrșitul perioadei Renașterii, cînd Georg Agricola (Bauer) (1494—1555), învățat german, întemeietorul mineralogiei, face și cea dintîi clasificare a cărbunilor. Klein Baltazar, în 1598, a studiat și a descifrat structura cărbunilor, punînd și concluzii asupra originii vegetale a acestora. După 150 de ani, în 1740, Kern a făcut primele observații cu lupa asupra cărbunilor. Între anii 1780—1791 Abraham Gottlob Werner (1750—1817) reia studiul cărbunilor într-o concepție mai avansată, stabilind locul lor în sistematica mineralogic-petrografică.

În secolul al XIX-lea, preocuparea pentru studiul cărbunilor și a condiției lor de zăcămînt, în vederea exploatării lor, ia un avînt remarcabil, datorită folosirii lor pe o scară mai largă, pentru industrie și nevoi gospodărești, avînd în vedere puterea lor calorigenă ridicată. Se avea în considerare și reducerea consumului de lemn, care amenința patrimoniul forestier. Extinderea folosirii cărbunilor a fost stimulată de diversificarea întrebuințării mașinii cu abur, inventată de mecanicul Thomas Nevcomen (1663—1729) în anul 1711 și perfecționată de James Watt (1736—1819) către sfîrșitul secolului al XVIII-lea, cînd a fost inventat (în 1786) și războiul mecanic de țesut, de către Cartwrigt (1743—1823).

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea începe folosirea pe scară tot mai intensă a cocsului și a cărbunilor, renunțîndu-se în același timp la folosirea mangalului și, treptat, a lemnului. Atunci, pentru prima dată în istoria lui, omul folosea energia mecanică, produsă cu ajutorul „pompei de foc" (mașina cu aburi).

În secolul al XIX-lea, cărbunii au fost întrebuințați și la propulsarea navelor, renunțîndu-se în mod treptat, la navele cu pînză. Prin construirea locomotivelor, cărbunii au fost întrebuințați în transportul feroviar. Pe măsură ce nivelul tehnic cunoștea noi solicitări, mașina cu aburi (locomobila) a primit noi și multiple întrebuințări.

În siderurgie a început să se folosească și să dea mai bune rezultate cocsul siderurgic. Distilarea uscată a cărbunilor superiori a dat, pe lîngă cocs, seria de produși gazoși și lichizi folosiți în industrie.

Începînd din a doua jumătate a secolului trecut, cărbunii au fost folosiți în termocentrale pentru producerea curentului electric. Totuși, și în unele țări angajate pe calea industrializării, ca Franța și Statele Unite, încă se mai consumau mari cantități de masă lemnoasă.

Formarea cărbunilor, compoziție, structură

În apele dulci ale lacurilor, în mlaștini, în delte și lunci se acumulează, an de an, în lungi perioade geologice, cantități mari de materie organică de origine vegetală, provenind din corpul plantelor acvatice și higrofile, cum și din fragmente vegetale și frunze aduse de apele de șiroire și curgătoare de pe uscat. Aceste resturi pot fi: plante superioare (ierboase și lemnoase); plante inferioare, din neamul criptogamelor, spori, polen, fructe și semințe care se depun în apă, în și peste nămolul și nisipul de pe fund, unde, sub influența unor procese biotice și fizico-chimice, urmate de procese geologice, sînt transformate în cărbune.

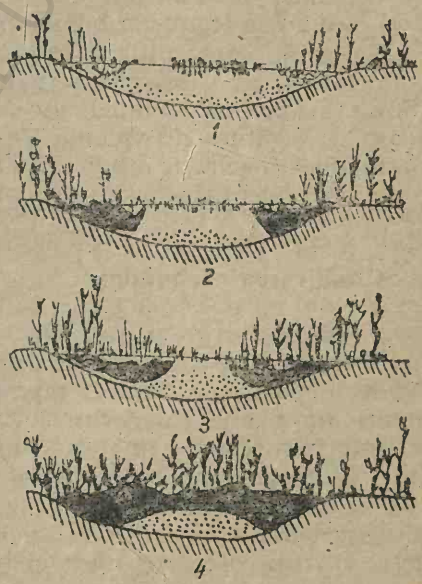


Fig. 6. Schema colmatării unui bazin cu materiale vegetale.

Materia vegetală acumulată este foarte complexă, fiind formată din următoarele grupe principale: celuloze și amidon, cu formula globală $(C_6H_{10}O_5)^n$; lignina, un compus complex cu funcții de alcool, fin impregnată în partea scheletică a vaselor lemnoase și în fibrele de sclerenchim ale plantelor superioare; cutina, suberină și plută, cu conținut de grăsimi; ceara vegetală (un amestec de diferiți esteri); esențe și rășini, amestecuri de hidrocarburi simple (unele aromate) și complexe, cu un grad diferit de oxidare; albumine, substanțe azotate, uneori cu conținut de fosfor și sulf; clorofilă și alți pigmenți vegetali. În corpul plantelor se găsește aproximativ 50% carbon, 40% oxigen, 6% hidrogen și 4% azot.

Substanțele menționate, acoperite de mîlul apelor, sînt supuse influenței unor procese de descompunere, de pierdere a oxigenului, de degajare a dioxidului de carbon și a apei, procese care conduc la o îmbogățire reziduală în carbon și hidrogen. La această fază de transformări participă enzimele proprii, unele bacterii anaerobe și unele ciuperci, într-un mediu umed, lipsit de aer (anaerob). Rezultatul acestor procese definește fenomenul de *carbonificare* sau *încarbonizare* prin care se formează un complex humic, alcătuit din acizi humici, acizi humo-lemnoși și humină (compuși humici neutri).

Bacteriile care inițiază carbonificarea se alimentează cu celuloză, ca substrat energetic, iar lignina se transformă în produși humici. Această interpretare se bazează pe legătura de valență C—C prezentă în constituția ligninei, a acizilor humici și a ligniților. Legătura C—C nu a fost identificată în structura chimică a celulozei.

Clasificarea cărbunilor

Se disting trei grupe genetice de cărbuni: *cărbuni humici*, care au provenit mai ales din vegetale superioare, depuse în mlaștini; *sapropelici combustibili*, proveniți din plante inferioare acvatice, ca alge, spori ș.a. și *liptobioliți* care s-au format mai ales din ceară și rășini. Ultimele două categorii nu formează decît acumulări de dimensiuni reduse.

În general, cărbunii care interesează sub raport energetic aparțin categoriei cărbuni humici. În zonele carbo-

nifere se pot găsi și sapropelici. În unele formațiuni geologice, de vîrstă neogenă, din Subcarpați, se găsesc mici concentrațiuni de liptobioliți, de chihlimbar rezultat din rășina unor conifere de vîrstă neogenă. Chihlimbar se găsește mai ales în regiunea Mării Baltice.

Gradul de carbonificare determină rangul cărbunilor în utilizarea lor economică. Acest rang este dat de raportul C/H, adică de raportul dintre carbonul și hidrogenul existent în masa cărbunilor. Cu cît proporția de carbon este mai mare în seria cărbunilor, de la turbă la antracit, cu atît cărbunele este mai îndepărtat de materia primă din care a provenit. Creșterea conținutului de carbon este uniformă și progresivă, fiind însoțită de o pierdere a oxigenului și hidrogenului, de o scădere a proporției de materii volatile.

Sub influența temperaturii de strat, a presiunii și a timpului geologic, de-a lungul căruia se produce carbonificarea, acest proces apare ca o distilare progresivă și uniformă în care scade, în mod corespunzător, umiditatea cum și puterea reactivității față de agenții oxidanți sau reducători (hidrogenați). Crește însă puterea calorică, crește intensitatea culorii, a luciului și a puterii de reflexie.

După natura substanțelor organice de origine, cărbunii se împart în cărbuni humici cu xiloizi, cărbuni sapropelici sau bituminoși și cărbuni leptolitici.

Cărbunii humici

După gradul de humificare (carbonificare) se împart în următoarele clase: turbă, lignit, cărbune brun, huilă și antracit.

• *Turba*, are o structură spongioasă, cu un început de carbonificare, fiind alcătuită din fragmente vegetale care provin din mușchi, frunze, ramuri subțiri și rădăcini de plante. Se acumulează în mlaștini numite *turbării*, adesea mlaștini montane, în care patul de turbă se îngroașă anual cu resturile vegetale depuse sub apă și care se continuă, ca textură, cu vegetația vie.

Ca vîrstă, turbele sînt recente. Aparțin Cuaternarului și sînt cu atît mai evoluate cu cît își au originea mai aproape de începutul acestei perioade geologice.

După locul unde se găsesc, turbăriile sînt *paralice*, cînd sînt situate în vecinătatea mărilor, aproape de țărm, în lagune, care pot relua legătura cu marea și *limnice*, cînd sînt situate în interiorul continentelor, în cîmpii, în platouri mlăștinoase, în zona inundabilă a rîurilor.

După cantitatea de săruri minerale din apa mlaștinilor și din solul pe care s-au format, se deosebesc turbării *eutrofe*, care dispun de substanțele necesare nutriției vegetale, și turbării *oligotrofe* (tinoave), cu puține substanțe nutritive.

Studiul turbăriilor actuale ne ajută să înțelegem modul și condițiile de acumulare a materiei vegetale din care au rezultat zăcămintele de cărbuni.

În regiunile tropicale se găsesc turbării care acoperă suprafețe pînă la 500 km², ca în Sumatera (Asia de Sud-Est), a cărei vegetație este predominant arborescentă sau ierboasă. Tot în regiuni tropicale se găsesc mlaștini cu *mangrove*, mlaștini paralice, care reiau uneori legătura cu marea, în care timp se produce și putrezirea unei părți din patul vegetal depus. Turbării de acest fel se găsesc în Cuba, Florida S.U.A., (cu mlaștina Everglades în suprafață de 20 000 km²), Noua Zeelandă, Sri Lanka, în zone de mică altitudine a coastelor uscatului.

Turbăriile de coastă din estul Statelor Unite ale Americii au vegetația de tip temperat cu o largă participare a genului *Taxodium* (Chiparosul-de-baltă), a speciei *Juniperus virginiana* ș.a. Cea mai întinsă turbărie este Dismal Schwamp în statele Virginia și Carolina de Nord (S.U.A.), în lungime de 60 km, cu o lățime de 40 km. Stratul de turbă are grosimea pînă la 6 m.

Tinoavele sînt răspîndite îndeosebi în emisfera nordică, în Europa, U.R.S.S. și în America de Nord. Conțin o vegetație compusă din mușchi, ierburi, mici arbuști, pin, brad, mesteacăn de talie mică.

Acumularea materialului vegetal și transformarea lui în turbă constituie faza numită *turbificare*, care încetează în momentul cînd depozitul turbos este acoperit, mlaștina devine uscată, cînd încetează și acțiunea microorganismelor. Gradul de carbonificare a turbelor variază între 20—55%, prin care densitatea turbei ajunge pînă la valoarea 1 și puterea calorifică între 1 500—3 000 calorii.

Urmează faza de *metamorfism* a turbei care continuă cu pierderea apei, ceea ce îi imprimă o nouă structură prin apariția unor coloizi întăriți a căror evoluție progresivă va defini locul în seria cărbunilor humici. Factorii care influențează carbonificarea la începutul metamorfismului sînt presiunea stratelor acoperitoare, temperatura corespunzătoare adîncimii la care se găsește depozitul, unele substanțe chimice cu influența lor catalitică. Sub influența acestora se ajunge pînă la cărbunii bruni. În continuare, vor acționa numai presiunea, temperatura și timpul, măsurat în perioade geomilenare. Cu cît vîrsta depozitului este mai întinsă, intensitatea metamorfismului mai mare și carbonificarea mai completă; substanța cărbunoasă devine, din ce în ce mai bogată în carbon.

• *Lignitul* mai păstrează încă structura lemnoasă, în unele depozite putîndu-se determina și esența (specia) din care provin. Apare structura fibroasă, concentrică, pe schița vechilor inele anuale de creștere. Trădează deci lemnul (lignum) din care provin. Culoarea ligniților este brună, în diferite nuanțe.

Valoarea economică este dată de cantitatea de steril pe care o conțin, de procentul de umiditate și de carbonificare. Au o putere calorifică de 2 000—4 500 kcal/kg. Greutatea specifică ajunge la 1.

După sursa vegetală din care provin, se deosebesc două categorii de ligniți: *pămîntoși*, formați din fragmente de trunchiuri, ramuri, frunze, semințe, fructe ș.a. și *xiloizi*, rezultați din trunchiul arborilor și arbuștilor prinși în turbărie. S-au format în terțiar. În general, ligniții se întrebuințează la încălzit și în termocentrale.

• *Cărbunii bruni* au o structură mai omogenă, culoare brun-închisă pînă la negru, luciu sticlos și spărtură sfărîmicioasă. Structura vegetală se observă numai la microscop.

S-au format din materialul vegetal provenit de la plante superioare, putînd conține și acumulări subordonate de plante inferioare.

• *Huila* are o largă întrebuințare economică. Ca însușiri fizice specifice se remarcă: compactitate ridicată, spărtură colțuroasă; sînt duri și sfărîmicioși; au culoarea neagră strălucitoare, greutatea specifică 1,2—1,5.

Conținutul în carbon este variabil (76—96%), puterea calorică de 7 000—9 000 kcal/kg. Conținutul în oxigen

este scăzut, iar acizii humici sînt transformați în humine. Umiditatea huilelor este sub 7%.

După procentul de materii volatile se deosebesc următoarele categorii de huile:

— huile cu flacără lungă, avînd un conținut de 41—50% materii volatile;

— huile de gaz, cu 35—45% materii volatile;

— huile grase, cu 25—38% materii volatile;

— huile pentru cocs, cu 19—30% materii volatile;

— huile slabe, cu 10—19% conținut de materii volatile;

— huile antracitoase, cu un conținut de 4—10% materii volatile.

Huilele și unele varietăți de cărbune brun servesc la prepararea cocsului siderurgic.

Cele mai multe zăcăminte de huilă s-au format în era paleozoică, în perioadele Carbonifer și Permian. Alte zăcăminte s-au format în perioadele: Jurasic, Cretacic și Paleogen.

• *Antracitul* are culoarea neagră-cenușie și luciu metalic, textură amorfă și spărtură concoidală (de scoică). Gradul de carbonificare ajunge pînă la 90—95% carbon, iar puterea calorică de 90—95 kcal/kg. Conține puține substanțe volatile și umiditatea foarte scăzută (1%).

S-a format din vechi zăcăminte de cărbuni humici, supuse la temperaturi pînă la 600°C și la presiuni ridicate, fiind considerat ca un cărbune metamorfozat.

Cărbunii sapropelici

În unele lacuri continentale, în lagune, limanuri, uneori și în bazine cu apă marină se produce o dezvoltare exagerată a fitoplanctonului. Este fenomenul de *eutrofizare* („înflorire") a acestor ape, datorită unei cantități mari de elemente nutritive care ajută la înmulțirea neobișnuit de bogată a algelor și a vegetației ierboase din acele biotopuri. Vegetația moartă se depune în mîlul de pe fundul apelor unde, parțial, intră în putrefacție, consumînd oxigenul fără de care animalele mor și se depun în mîl. Vegetația și cadavrele animalelor încorporate în mîl, sub acțiunea bacteriilor anaerobe, sînt descompuse în substanțe chimice mai simple. Un asemenea mîl, bo-

gat în substanțe chimice, de culoare închisă, numit *sapropel*, poate atinge grosimi pînă la 15 m.

Prin deshidratarea sapropelului se obține un sediment întărit, de culoare închisă, numit *saprocol*, din care rezultă cărbunii sapropelici sau bituminoși. Dintre aceștia mai cunoscuți sînt cei menționați în continuare.

• *Boghead*-ul este un cărbune compact, fără stratificație, elastic, de culoare brun-închisă. A fost exploatat prima dată în Scoția (1850). Se găsește și în alte zone din Marea Britanie, Europa continentală și pe celelalte continente.

Prin distilare, produce un semicocs pulverulent și substanțe volatile (60%) întrebuințate în industria chimică.

• *Cannel-coal*-ul are o culoare neagră, cu luciu unsuros și spărtură concoidală. Arde cu o flacără ca de lumînare, cu degajare de fum.

• *Shungit*-ul apare în depozitele precambriene din apropierea lacului Onega (U.R.S.S.). Este cel mai vechi depozit de cărbune bituminos cunoscut pînă în prezent.

• *Disodilele* din Carpații Orientali și din nord-estul Transilvaniei sînt considerate ca roci care au generat petrolul din zonele adiacente.

Cărbunii liptobiolitici

Au un conținut ridicat de materii volatile și de hidrogen. La formarea lor au participat țesuturi rezistente ale vegetalelor: țesuturi suberoase (de plută), cuticule, rășini, ceară, polen, spori ș.a. Sînt puțin răspîndite în natură. Se deosebesc trei categorii:

• Liptobioliți rezultați din spori și polen. Printre aceștia se menționează *tasmanitul* cu 72% carbon, 9% hidrogen și procent ridicat de substanțe volatile. Au provenit din spori de ferigi în amestec cu polen de rășinoase, depuse în Paleozoicul superior. Depozite recente de polen provenit în mare parte de la anin, constituite în Cuaternar, au dus la formarea *fimenitului*.

• Liptobiolițiî rezultați din cuticule, frunze au o structură foioasă. Se cunosc în unele depozite paleozoice din bazinul Moscovei.

• Liptobioliți rășinoși, proveniți din rășini de gimnosperme.

Tabelul XI

Scara geocronologică şi vîrsta combustibililor fosili

				Turbării	Sapropel
Neozoic 54 m.a	Cuaternar	Holocen Pleistocen			
	Neogen 18 m.a.	Pliocen	Romanian Dacian Ponţian Meoţian	Lignit	Gaze-Petrol
		Miocen	Sarmaţian Badenian Helveţian Burdigalian Acvitanian	Cărbune brun	Petrol-Gaze
	Paleogen 36 m.a.	Oligocen Eocen Paleocen		Cărbune brun Huile	Petrol-Gaze Şisturi disodile
Mezozoic 133 m.a.	Cretacic 65 m.a.	Cretacic superior Cretacic inferior		Huile	Petrol-Gaze
	Jurasic 33 m.a.	Malm Dogger Liasic		Huile Antracit	Petrol-Gaze Şisturi bituminoase
	Triasic 435 m.a.	Tr. superior Tr. mediu Tr. inferior			Petrol-Gaze

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Paleozoic 360 m.a.	Permian 25 m.a.	P. superior P. Mediu P. superior		Huile Antracit	Petrol
	Carbonifer 70 m.a.	C. superior C. mediu C. superior		Huile Tasmanit Liptobioliţi Antracit	Gaze
	Devonian 50 m.a.	Neodevonian Mezodevonian Eodevonian			Petrol-Gaze Şisturi bituminoase Calcare bituminoase
	Silurian 40 m.a.			Liptobioliţi	
	Ordovician 75 m.a.			Petrol	Petrol
	Cambrian 70 m.a.				
	Proterozoic 150 m.a.			Sungit	
	Arhaic 200 m.a.				

m.a. = milioane ani (tabelul alcătuit parţial după *Lexicon*, vol. I. Edit. tehnică, 1975)

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Deoarece formarea tuturor combustibililor fosili este legată de structuri geologice asemănătoare ca formă și mediu de viață, dar diferite din punct de vedere al timpului în care s-au format, dăm, în tabelul XI diviziunile geologic-stratigrafice ale formațiunilor din scoarța Pămîntului. Sînt menționate marile diviziuni (erele geologice) cu subdiviziunile lor. Pentru orientarea cititorului asupra timpului înglobat în istoria (trecutul) Pămîntului se dă și durata în timp a acelor subdiviziuni.

Utilizarea cărbunilor

Datorită puterii lor calorice, cărbunii se întrebuințează pentru încălzitul locuințelor și în termocentrale, deci ca *sursă energetică,* în care întreaga masă a cărbunilor este arsă. Din cărbune nu mai rămîne nimic folosibil.

Cărbunii superiori, datorită materiilor volatile pe care le conțin, sînt întrebuințați *în industrie,* pentru obținerea *cocsului* și valorificarea *produselor chimice* rezultate de la cocsificare.

Proprietatea care domină procesul folosirii cărbunilor în termocentrale este arderea, o incitare din afară, o oxidare forțată care este în stare să elibereze din masa cărbunelui un produs gazos, capabil să continue, fără o altă intervenție din afară, același proces de eliberare a noi cantități de gaze inflamabile. În felul acesta, întreaga materie organică solidă a cărbunelui este transformată în gaze inflamabile. Gazele aprinse se consumă la o temperatură mult mai ridicată, numită *temperatură de ardere.* Aceasta caracterizează puterea calorică (calorigenă) a cărbunelui și depinde de viteza de ardere care este condiționată în primul rînd de natura combustibilului, de conținutul lui în materii volatile și de formarea acestora în faza temperaturii de aprindere, pînă la arderea carbonului.

În termocentrale se întrebuințează ligniții, care, sînt arși în suspensie sau în stare pulverizată, în cazane mari sau prin ardere în strat pe grătare metalice, în cazane mijlocii. În acest caz, cărbunele este răscolit intens pentru a primi oxigenul necesar arderii.

Prin încălzirea cărbunilor în cazane închise, în lipsa aerului, în masa acestora se produc unele fenomene pirochimice, din care rezultă gudroane, apă și gaze. Reziduul este un material cărbunos, poros, numit *semicocs*. Semicocsificarea se produce între temperaturi de 500—600°C. Prin încălzirea cărbunilor la temperaturi de peste 1 000°C se obține *cocsul*, în procesul de cocsificare.

Produșii de semicocsificare. Produsul principal este *semicocsul*, un material solid, poros și ușor, cu un conținut de 8—20% materii volatile, care îl fac ușor inflamabil. Cantitatea de semicocs este mai scăzută cînd se folosesc cărbuni inferiori. Semicocsul este autoinflamabil și se păstrează în depozit asigurîndu-i o umiditate de aproximativ 30%.

Din substanța bituminoasă și humică a cărbunelui rezultă *gudronul de semicocsificare*, care se obține între temperaturi de 300—470°C, continuînd pînă la temperatura de 550°C. *Gazele de semicocsificare* se obțin în prima fază a procesului, începînd cu apa (din umiditatea cărbunelui) care se evaporă la temperatura de 100°C. La temperatura de 200°C începe eliberarea gazelor pe care le conține cărbunele. Numai la circa 300°C începe descompunerea lentă și progresivă, cu ridicarea temperaturii, a masei cărbunoase, pînă la aproximativ 375°C cînd începe formarea gudronului.

Gudronul și gazele de semicocsificare sînt folosite ca materie primă în industria chimică.

Semicocsul are întrebuințări foarte variate: ca materie primă în unele tehnologii de producere a cocsului din cărbuni necocsificabili; combustibil casnic și industrial; combustibil în cuptoarele de var și de ciment; la aglomerarea minereurilor de fier; reducător în fabricarea carbidului, ferosiliciului etc.

Produșii de cocsificare. Cocsul se obține prin pirogenarea huilelor și a unor cărbuni bruni la temperaturi pînă la 1 000°C. Prin ridicarea temperaturii între 350°—480°C huilele, trec printr-o fază de înmuiere și formează o pastă din care se degajează gaze și vapori rezultați din descompunerea violentă a materiei organice din masa cărbunelui. Continuînd ca ridicarea temperaturii peste cea corespunzătoare formării semicocsului, se ajunge la reîntărirea masei plastice formate anterior apoi la fisurare.

Reziduul este cocsul fisurat cu densitate crescută și cu rezistența mecanică mărită.

Cocsul cu granulația de aproximativ 25 mm se folosește la prepararea fontei, a carbidului, în industria neferoasă și chimică. Cocsul cu granulația pînă la 10 mm este folosit la aglomerarea minereurilor de fier prăfoase. Subproduse brute ale concsificării sînt: gudronul de cocserie și gazele de cocs brut.

Cocsul obținut la temperatura de circa 1 000°C trebuie răcit. Răcirea se face cu apă, consumînd 1,8 m^3 apă la o tonă de cocs. Procesul acesta se rezolvă cu o mare pierdere de energie. Combaterea acestei pierderi de energie se face prin răcirea cu un gaz inert care se încălzește și asigură un transfer de căldură pe care o predă cazanului recuperator, de unde poate fi folosită la generarea sau preîncălzirea aburului, care poate fi folosit la preîncălzirea sau la uscarea cărbunelui.

Gudronul de cocserie este un lichid vîscos, de culoare neagră cu miros specific de fenol și naften. Este foarte complex din punct de vedere chimic; un complex de hidrocarburi din care mai importante sînt: naftalina, fenantrenul, fluorantenul și antracenul.

Produse de cocsificare mai sînt: apele amoniacale, amoniacul, hidrogenul sulfurat, ape fenolice, benzină.

Gazele de cocs conțin hidrocarburi aromatice ușoare (benzen, toluen, xilen ș.a.).

Produșii chimici rezultați din semicocserii și cocserii au o largă întrebuințare ca materie primă în industria chimică.

Unele țări își asigură mare parte din necesarul de hidrocarburi aromatice din gudroane: U.R.S.S. și Polonia, aproximativ 70% din necesarul de benzen, un procent mai ridicat din necesarul de cresoli și de naftalină; R. F. Germania, 46% din benzenul necesar, 70% din cresolii necesari, 90% din naftalina necesară; Japonia, 28% din necesarul de benzen, 100% din necesarul de cresoli și naftalină (P. Junie, 1980).

Gazeificarea cărbunilor este un procedeu prin care partea organică din combustibilii fosili este transformată integral în gaze combustibile. În acest scop se pot folosi cărbuni, cocs, semicocs, mangal care se ard în cuptoare

speciale numite *gazogene*. Pe la partea inferioară a gazogenului se insuflă aer sau abur. Se obține gazul de sinteză care servește la fabricarea alcoolului metilic și a alcoolilor superiori, la fabricarea benzinei sintetice, la fabricarea oxidului de carbon, folosit ca materie de bază în sintezele carbonilice.

În 1981 a fost brevetat în S.U.A. un procedeu pentru producerea gazolinei sau a combustibilului diesel din particule de cărbune cu dimensiuni de 2 mm. Acestea se amestecă cu țiței în proporție de 1 : 1,5 (în greutate). Amestecul este pompabil. Procedul asigură convertirea completă a cărbunelui în hidrocarburi. Se poate folosi orice cărbune.

O aplicare de mare importanță în tehnologia chimică este sinteza Fischer-Tropsch (Franz Fischer 1877—1947, Hans Tropsch 1889—1935), sinteză inițiată de Friderich Bergius (1884—1949), după încercările și rezultatele anterioare ale lui P. Sabatier (1854—1941) și Jean Baptiste Senderens (1856—1937). Prin această sinteză se pot obține din cărbuni uleiuri și carburanți, plecînd de la produșii CO și H_2. Seria de produse începe cu metanul și continuă cu hidrocarburi lineare și cu catena ramificată, pînă la parafină. Prin diferite tehnologii specifice au fost realizate procese de polimerizare, halogenare, oxidare, sulfonare ș.a.

Hidrogenarea cărbunilor și prepararea de combustibili lichizi din cărbune se realizează la presiuni ridicate în prezența unui catalizator. Au fost folosite mai multe metode de lucru, avînd în vedere disponibilul ridicat de cărbuni față de epuizabilitatea zăcămintelor de petrol și gaze, într-un interval de timp sub 100 de ani. Cercetările continuă.

Se speră ca randamentele de transformare a cărbunilor în petrol brut să ajungă la raportul 2 : 1 (două tone cărbune pentru o tonă petrol).

În prezent, obținerea hidrocarburilor din cărbuni este aproximativ de cinci ori mai costisitoare decît prin rafinăriile cele mai complexe. Se mai adaugă confruntarea cu mediul înconjurător. Totuși, gazeificarea cărbunilor va avea viitor.

Rezervele mondiale, producția și consumul de cărbune

Pînă la începutul secolului al XX-lea, exploatarea cărbunelui s-a dezvoltat în regiuni devenite mai tîrziu mari centre industriale. Se avea în vedere un principiu economic și anume ca industria să fie legată de regiuni bogate în minereuri și în surse energetice (cărbune), pentru a se evita transporturi neeconomicoase de materie brută, de mare volum. Astfel s-au dezvoltat bazinul Ruhr în Germania, Silezia Superioară în Polonia, Donbass în Rusia, nordul Franței, zonele Cardiff și Midlands în Marea Britanie, partea de est a Statelor Unite ale Americii ș.a.

Principala sursă de energie, la începutul secolului, a fost cărbunele, cu o participare de 90% în balanța energetică mondială.

Extinderea exploatării cărbunelui, de la marile zăcăminte înspre acumulări mai modeste, dar economic exploatabile, pentru a face față unor nevoi locale, s-a făcut în mod treptat, ținînd seama de anumite condiții geografie.

În primul rînd erau necesare căile de comunicație, posibilitățile de transport, pentru aprovizionarea minelor cu materiale (în special lemn de mină) și energie, apoi pentru desfacerea produselor.

În atenția industriei siderurgice a fost obținerea cărbunilor cu o capacitate calorică ridicată. S-au impus huilele și antracitul care și în prezent reprezintă circa 75% din producția de cărbune. Cercetările geologice, din aproape în aproape, în extinderea exploatărilor, cum și în alte regiuni promițătoare, constituie preocupările de bază ale economiei miniere și industriale, pentru a se asigura rezervele necesare unui timp de funcționare cît mai îndelungat.

Nu dispunem de o situație reală a rezervelor de cărbune stabilită după gradul de cunoaștere necesar integrării în nevoile curente și de perspectivă ale economiei mondiale. Se dă ca rezervă cunoscută, exploatabilă în condițiile economice actuale, cantitatea de 1 420 mld.t. Rezervele de perspectivă și de prognoză sînt însă mult mai mari, depășind 11 000 mld.t.

În evidența Organizației Națiunilor Unite, rezervele mondiale de cărbune sînt de 10 754 mld.t., din care 1 400 mld.t. sînt rezerve cunoscute, iar din acestea numai 600 mld.t. sînt exploatabile în actualele condiții economice și tehnologice. Cantitatea rezervelor mondiale de cărbune variază de la o sursă de informare la alta.

Din rezervele mondiale de cărbune, 75% aparțin țărilor socialiste, între care primul loc îl ocupă U.R.S.S., urmată de R. P. Chineză și Polonia.

Continentele din emisfera nordică dețin 98% din rezervele de cărbune identificate pînă în prezent. Menționăm că în unele țări cu mari disponibilități de cărbune, rezervele au fost calculate numai pînă la adîncimea de 300 m.

Consumul de cărbune a variat, cu o rată de creștere impusă de ritmul de dezvoltare economic-industrial. Se admite că pînă în 1860 s-a consumat o cantitate de 7 mld.t., iar între 1860 și 1970, deci în 110 ani, cantitatea de 133 mld.t.

Ponderea cărbunelui în balanța energtică mondială, de 90% la începutul secolului al XX-lea, a scăzut la 47% în 1960 și va scădea la 22% în 1990. Dar, valoarea absolută a cărbunilor va crește de la $64 \times 8 — 10^{18}$ J/an în 1960, la $97{,}1 \times 10^{18}$ J/an în 1990.

Scăderea producției de cărbune s-a manifestat mai ales în cadrul Comunității Economice Europene (C.E.E.), care și-a reprofilat industria, folosind hidrocarburile ca sursă energetică în locul cărbunelui. În cadrul acestui organism economic, în anul 1950 cărbunele participa în proporție de 74% la asigurarea energiei. În anul 1965 a scăzut la 43% urmînd o scădere progresivă în anii următori. Scăderea producției a atras o serie de dificultăți: sacrificii economice și conflicte între salariați și beneficiari, soldate cu subvenții din bugetul statelor (Belgia, Franța, R. F. Germania, Marea Britanie).

Zăcămintele de cărbuni din țările C.E.E. se găsesc în condiții geologice mai grele, mai complicate, ceea ce duce la o extracție cu o productivitate scăzută și la un bilanț deficitar. Costul extracției cărbunilor în general este dublu față de cel realizat în Statele Unite ale Americii. Această situație a dus la o concurență sigură a cărbunilor din Statele Unite și la închiderea minelor deficitare din C.E.E. Acestor state le convine să importe căr-

Tabelul XII

Principalele țări producătoare de cărbune
— în mii tone —

Țara	*1938*	*1950*	*1960*	*1970*	*1976*	*1983*
Prod. mondială	459 000	992 300	2 857 600	4 908 400	6 713 000	
1. S.U.A.	141 956	388 674	811 640	1 639 771	2 117 628	730 380
2. R.P. Chineză			55 500			687 636
3. U.R.S.S.	48 309	91 220	292 274	740 926	1 111 420	641 586
4. R.D. Germană		19 466	40 305	67 650	89 150	277 968
5. Polonia	1 977	9 421	29 307	64 532	104 095	233 624
6. R.F. Germania		44 466	166 424	242 612	333 648	209 172
7. Marea Britanie	25 708	67 700	133 313	249 193	276 972	189 220
8. India	2 532	5 107	16 428	61 212	89 208	143 520
9. Australia	3 453	9 509	24 492	58 892	76 500	143 172
10. Cehoslovacia	4 652	9 290	24 450	45 163	62 688	127 389
11. Iugoslavia	1 090	2 408	8 928	26 024	43 572	58 560

12. Canada	28 603	55 057	114 384	204 733	288 364	44 808
13. ROMÂNIA	1 130	2 113	7 650	35 088	58 296	44 522
14. Spania	2 749	6 916	18 612	56 490	90 600	39 582
15. Bulgaria	266	797	4 657	19 513	27 742	32 390
16. Grecia	272	665	2 197	9 399	16 520	30 333
17. Ungaria	1 399	3 001	7 612	14 542	22 040	25 213
18. Turcia	312	790	2 820	8 624	18 252	20 176
19. Franța	20 690	33 025	72 120	140 396	191 000	19 620
20. Coreea de Sud		421	1 682	9 597	23 112	18 948
21. Japonia	32 679	44 890	115 476	359 539	448 428	17 088
22. Belgia	5 278	8 481	15 156	30 532	47 532	6 096
23. Brazilia	2 987	8 209	22 860	45 460	47 352	6 041
24. Austria	1 897	4 911	13 184	30 036	35 040	3 036

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

buni din Statele Unite și petrol din Regiunea Golfului, din nordul Africii, în ajutorul lor venind și împrejurarea favorabilă că în propriul lor teritoriu, în regiunea Mării Nordului, au fost identificate și puse în valoare mari zăcăminte de hidrocarburi.

Bogăția unor terenuri carbonifere și condițiile de zăcământ cu totul favorabile ale Statelor Unite fac ca extracția unui milion de tone de cărbune să solicite 1 000 salariați, în timp ce pentru aceeași cantitate în Franța erau necesari 4 800 salariați. Raportîndu-ne la extracția cantității de petrol echivalentă cu un milion tone de cărbune, în Statele Unite erau necesari 1 500 salariați, iar în Orientul Apropiat, cu terenuri petrolifere mult mai productive, era necesar un număr mult mai mic de salariați.

Avantajul extracției de cărbune în Statele Unite este legat de zăcămintele mai groase, mai uniforme, de calitate mai bună pentru cocs, o parte mare (30%) exploatîndu-se la zi (în carieră), restul fiind la mică adîncime.

Scăderea producției de cărbune este influențată și de valoarea calorică ridicată a hidrocarburilor, după cum rezultă din următoarele date comparative: o tonă de cărbune este echivalentă cu 8 MWh; o tonă petrol cu 12 MWh; 1 000 m^3 gaze naturale cu 10 MWh.

Rezervele de cărbune din lume omologate și economic exploatabile asigură actuala producție mondială pe timp de 280—300 de ani.

În tabelul XII este prezentată producția de cărbune în principalele 24 țări producătoare.

Țări exportatoare de cărbuni sînt: Statele Unite care exportă în Europa de Vest și în Japonia; U.R.S.S. care exportă în Ungaria, Cehoslovacia, Austria ș.a.; Polonia și R. F. Germania exportă în Europa Centrală și de Sud; China, Australia și India exportă în Coreea de Nord și în Japonia etc.

Răspîndirea geografică a cărbunilor

Procesele de acumulare a unor resturi vegetale în apele îndulcite ale uscatului terestru au fost continue, dar la valori diferite. Din examinarea, pe hartă, a răspîndirii bazinelor carbonifere, se constată o concentrare a

acestora pe vechile platforme geologice și la periferia lor.

În astfel de regiuni geografice, sub un climat favorabil, într-un timp geologic limitat, s-a putut dezvolta o vegetație bogată care a îngroșat patul de materie vegetală din mlaștini și ape dulci, din care s-au format cărbunii. Astfel de mlaștini cu mangrove, au putut funcționa, ca și astăzi, în regiuni tropical-ecuatoriale, susținute de factori geografici și climatici, de o dezvoltare luxuriantă a vegetației, de acumulare pe loc a resturilor vegetale, de carbonificare de-a lungul mai multor perioade geologice, de conservare a zăcămîntului. Asemenea condiții au existat, dar, în general, pe durate scurte.

În general, cărbunii, și mai ales cei industriali, apar în formațiuni întinse, constituind în emisfera nordică, o adevărată *centură carboniferă*. Se apreciază că au existat aproximativ trei centuri carbonifere, două cu o distribuire mai stearsă și mai discontinuă din punct de vedere geografic.

Centura carboniferă conține antracit și huile, formate îndeosebi în perioada carboniferă, de care ne desparte aproximativ 230 milioane de ani. În acea perioadă, Anglia se lega cu Irlanda, cu insulele Spitsberg, cu Groenlanda și cu Scutul canadian. Spre nord-est se lega cu scutul scandinav, cu scutul baltic și cu cel chinezesc (Sinic). Toate laolaltă formau un bloc continental, nordic, *Laurasia*. Continentele din emisfera sudică formau un alt bloc unic, *Gondwana*. Cele două blocuri erau despărțite prin Marea Tethys.

În acel timp, emisfera nordică era dominată de un climat cald și umed care a înlesnit dezvoltarea unei foarte bogate vegetații, alcătuite, în mod predominant, din ferigi, mai ales arborescente, cum și din primele forme de rășinoase, într-un mediu umed și de mlaștină. Mlaștinile s-au instalat, pe un relief și formațiuni lagunare, luînd forma și întinderea lagunei care le-a precedat.

Fiind situate la periferia platformelor continentale vechi și peste zonele lagunare care intrau în interiorul platformelor, fosele paralice erau supuse o dată cu marginile platformei, la mișcări pe verticală ale scoarței terestre. La mișcarea de scufundare apele oceanice acopereau părțile mai joase ale platformelor inclusiv mlaș-

tinile și fosele paralice, depunînd pietriș, nisip și mîl peste stratele de cărbune format deja. La mișcarea de ridicare a scoarței, apele oceanice, în retragere, au făcut posibilă acumularea de apă dulce în mlaștini noi, populate cu o nouă vegetație din ale cărei resturi s-a format un nou strat de cărbune. Astfel de mișcări oscilatorii (de scufundare și de ridicare) au determinat formarea stratelor de cărbune și a sterilului care le separă. Grosimea stratelor de cărbune, cum și cea a sterilului sugerează durata, în timp, a dominației regimului de apă oceanică (steril) și a dominației de apă dulce (cărbuni). Astfel de alternanțe s-au repetat de zeci de ori (chiar peste 100) în același loc. Ele au fost posibile în durata de timp de 55 milioane de ani a perioadei carbonifere, în istoria de 4,5 miliarde de ani a Pămîntului și de aproximativ 3—3,5 miliarde de ani a istoriei vieții pe Pămînt.

Nu sînt făcute suficiente paralelizări asupra climatului pe cele două emisfere de-a lungul perioadelor geologice, dar existența cărbunilor din arhipelagul Spitsberg pînă în Antarctica este o dovadă de neînlăturat că și în acele regiuni ale globului terestru a existat un climat cald. Problemele care se pun și care ar explica oarecum această întinsă dispersare a cărbunilor sînt:

— o mai largă întindere a zonelor climatice calde și umede în trecutul Pămîntului;

— pendularea largă a polilor;

— deplasarea spre polii actuali a unor blocuri de uscat din pozițiile lor anterioare care ar fi fost mai apropiate de regiunile tropical-ecuatoriale.

În ce privește relieful și structurile geologice în care s-au format cărbunii superiori, bazinele purtătoare fac parte din:

— arii de platforme continentale vechi, care sînt: bazinul Moscovei; bazinele centrale ale Statelor Unite; bazinele din R. P. Chineză; Africa de Sud; Australia de Vest;

— arii de formare a unor munți în era paleozoică: Siberia-Kuznețk, Statele Unite — zona appalasiană; Anglia și bazinul franco-belgian; Masivul Central francez; Ruhr, Saar și Silezia; Donbass și Caucazul de Nord; Australia de Est.

Vor fi prezentate în primul rînd zăcămintele de cărbuni din continentele nordice acestea fiind cele mai nu-

meroase. Explicația ne-o dă urmele și dovezile unui climat mai cald, mai uniform în timpul erei paleozoice peste întreaga emisferă nordică, factor care a favorizat dezvoltarea unei vegetații bogate în toate regiunile cu umiditate ridicată. În acest timp, emisfera sudică, cu continentele ei unite, era supusă unui climat mai rece, chiar de tundră și cu ghețari polari, cu puține regiuni favorizate de un climat mai cald însă și acesta de scurtă durată, factori care au determinat o vegetație mai săracă, din care nu au rezultat, decît în zone răzlețe, acumulări de resturi vegetale pentru carbonificare.

Zăcămintele de cărbune ale continentelor din emisfera nordică

Europa și Asia. Începem descrierea acumulărilor de cărbuni ale emisferei nordice cu descrierea celor din Marea Britanie pînă în regiunea pacifică, acumulări, în marea lor majoritate, formate în carbonifer, perioada geologică cu cele mai valoroase rezerve de huilă și antracit. În vecinătatea zăcămintelor de huilă și antracit, în formațiuni geologice mai noi, se găsesc depozite de huilă, cărbune brun și lignit. Zăcămintele de huilă și antracit s-au format pe partea sudică a platformei euroasiatice, de vîrstă precambrian-paleozoică, în contact cu apele Mării Tethys, în lagunele și fosele paralice ale acestui contact.

Marea Britanie și Irlanda. Zăcămintele acestor țări s-au format în carboniferul inferior și mijlociu. Cele mai bogate sînt cuprinse în cele 12 bazine formate de o parte și de alta a anticlinalului Munților Penini. În sud, se află alte 3 bazine cu cărbuni formați în carboniferul mijlociu. Cărbunii Scoției sînt din categoria celor sapropelici, bogați în substanțe volatile. Irlanda are cîteva bazine carbonifere, unele la sud-vest de Dublin, altele în nordul insulei.

Cele 26 zăcăminte de cărbuni ale Marii Britanii, cu 570 straie, cu o grosime însumată pînă la 40 m conțin rezerve estimate la 50 mld.t. (după alte estimări 170 mld.t.). Rezervele, în proporție de 75%, se află la adîncimi pînă la 300 m, ceea ce favorizează exploatări cu grad ridicat de economicitate. Alt avantaj economic

Fig. 7. Bazinele carbonifere din Europa (fără U.R.S.S.).

prezintă faptul că în unele zăcăminte stratele de cărbune alternează cu minereu de fier.

Dintre bazinele carbonifere menționăm pe cele din partea de nord și centrală a Angliei: Yorkshire-Nottingham, Durham-Northumberland, South Middlands, Lancashire, North Stafford ori pe cele din Scoția centrală: Ayr, Scottish North, Midlothian. Calitatea cărbunilor este ridicată: huilă grasă, pînă la antracit, cum și varietatea boghead (sapropelici).

Producția de cărbune a Mării Britanii a crescut de la 25,7 mil.t. în 1938 la 276,972 mil.t. în 1976. Între 1976 și 1983, producția a scăzut pînă la 189,220 mil.t., Marea Britanie dispunînd de mari rezerve de hidrocarburi pe care a început să le exploateze intensiv.

Spre nord de continentul european, în arhipelagul *Spitsberg*, la 600 km spre nord de la Scutul Scandinav, în subsolul insulei Svalbard cărbunii au fost descoperiți încă din secolul al XVII-lea. Locuitorii orașului (5 000—6 000 la număr) au pus în exploatare zăcămîntul în 1904. Producția actuală se ridică la aproximativ 800 000 t.

Franța. În continuarea zonei carbonifere din Țara Galilor, peste Marea Mînecii, se întinde bazinul carbonifer de nord și bazinele din regiunea Calais, cu cărbuni de aceeași calitate și vîrstă cu cărbunii din Anglia. Zăcămintele sînt cuprinse în fosa paralică de la sud de masivul Brabant. Conțin huilă și antracit.

În Masivul Central Francez sînt cuprinse trei bazine carbonifere: Saint Etiènne, Gard-Alais, cel mai productiv (din carboniferul mediu), și Commentry. Minele din Masivul Central asigură cea mai mare parte din producția țării.

Regiunea Alpilor francezi, din sud-estul țării, între Grenoble, Briançon și granița cu Elveția, conține huilă, antracit și cărbune metamorfozat (de la huilă, la grafit).

Franța exploatează și cărbune brun, la Fouveau, în Provence.

Rezervele de cărbuni ale Franței au fost estimate la 60 mld.t., cu cea mai mare producție în 1976, peste 191 mil.t., în scădere la 19,620 mil.t. în 1983.

Belgia dispune de două bazine carbonifere: Campine, la nord, în continuarea directă a aliniamentului Irlanda—Țara Galilor, și bazinul Namur în continuarea formațiunilor carbonifere din Franța. Cele mai bogate strate sînt

în bazinul Campine, care asigură producția maximă a țării. În Belgia se exploatează huilă grasă și huilă slabă, din 110 strate, cu o grosime însumată de 60 m.

Rezerva de cărbuni a Belgiei este estimată la 11 mld.t. Producția cea mai ridicată, de 47,5 mil.t. a fost realizată în 1976 și a scăzut pînă în anul 1983 la 6,096 mil.t.

Olanda are un singur cîmp minier, în continuarea bazinului Campine din Belgia, cu o rezervă estimată de 5 mld.t. Producția cea mai ridicată, de 13 488 000 t, a fost realizată în 1938. În anul 1969 a scăzut la 3 660 000 t.

R. F. Germania dispune de patru mari bazine carbonifere, cu cele mai mari rezerve din Europa apuseană. Zăcămintele sînt de aceeași vîrstă și de același tip ca cele descrise anterior.

Începînd din nord, bazinele carbonifere sînt: bazinul Osnabruck, huilă cu conținut de gaze și antracit (în cantități reduse); bazinul Ruhr, întins pe o suprafață de 5 000 km² cu o adîncime de exploatare pînă la 3 000 m. Cuprinde 90 strate de cărbune cu o grosime însumată de 100 m. Zăcămîntul în bază are huilă antracitoasă, la mijloc huilă grasă, în partea superioară huilă bogată în gaze; bazinul Aachen cuprinde 45 strate de huilă, cutate, cu vechi exploatări Würmthal; bazinul Saar, format în condiții limnice (de lac), cu multe zeci de strate între care 87 exploatabile, cu o grosime totală de 92 m.

Rezervele de huilă ale acestei țări sînt evaluate la 386 mld.t. (după alte date la 150 mld.t.) cele de cărbune brun la 63 mld.t. Cea mai ridicată producție s-a realizat în 1976 la peste 333 mil.t., aproximativ 55% huilă, restul cărbune brun. A urmat o scădere a producției la 209 mil.t. în 1983.

R. D. Germană are zăcăminte mici de huilă în bazinele Karl Marx Stadt și Zwickau, situate în partea de sud a țării. Are zăcăminte mai bogate de cărbune brun și lignit în două bazine, în parte exploatabile în carieră: bazinul dintre Elba și Saale la sud-est de Munții Harz, cu exploatări mai importante la Köthen, Altenburg, Geiseltal și bazinul de la est de Elba, cu exploatări mai importante la Lausitz și Görlitz. Două mici bazine carbonifere se găsesc la vest de Magdeburg și Frankfurt pe Oder. Alte exploatări sînt la Halle-Bit-

terfeld, Borna-Meuselwitz, Zeitz-Weissenfels, precum și la Cottbus, Lauchhammer-Senftenberg.

Rezervele R.D.G. sînt evaluate la 49 mld.t. Producția maximă s-a realizat în 1983, fiind de 277 mil.t.

R. P. Polonă deține cele mai mari rezerve de cărbune din Europa Centrală, aflate în Silezia superioară și Silezia inferioară.

Bazinul Sileziei superioare, cu o suprafață de 5 600 km², este situat la vest de Kraków, între afluenții cursului superior al Vistulei și Oder, în zona Katowice-Zabrze. Zăcămintele s-au format în carboniferul mediu. Conțin huilă în 100 strate exploatabile, cu o grosime totală de 150 m, unele strate avînd, singure, grosimi de cîteva zeci de metri, ceea ce pledează pentru o lungă și uniformă perioadă de vegetație și de acumulare a resturilor vegetale din care au rezultat cărbunii.

Bazinul Sileziei inferioare este situat la vest de Oder și la sud-vest de orașul Wrocław, avînd o suprafață de 2 100 km². Conține aproximativ 30 strate, cu o grosime totală de la 8 la 20 m.

În partea de vest a țării se găsesc depozite de cărbune brun și ligniți, de vîrstă miocenă.

În est bazinul Lublin este cel mai recent, dînd huilă.

Rezervele de cărbuni ale Poloniei sînt estimate la 150 mld.t. Producția este în continuă creștere, în 1983 fiind de 233,624 mil.t., din care circa 80% huilă. Se preconizează pentru anul 1990 o producție de 225 mil.t. huilă și 120 mil.t. cărbune brun și lignit.

R. S. Cehoslovacă dispune de importante zăcăminte de huilă, cărbune brun și lignit, cele mai mari rezerve fiind în bazinul Ostrawa—Kárvina, în continuarea, spre sudul celor din Silezia superioară (Polonia). În partea centrală a țării, la Košice, se găsește al doilea zăcămînt de huilă, mai puțin dezvoltat.

În apropierea granitei cu R. D. Germană se exploatează cărbune brun și lignit în bazinele Most, Sokolov. De importanță mai mică se găsesc astfel de zăcăminte și în Slovacia (Handlóva, Novaky etc.).

Alte exploatări sînt la Ceske Budejowice, Hladno, Zakler etc.

Rezervele de cărbune ale Cehoslovaciei sînt estimate la 25 (după alte date, la 50) miliarde de tone, din care

50% huilă. Producția cea mai ridicată, de 127,389 mil.t. a fost realizată în 1983.

R. P. Ungară posedă cîteva bazine carbonifere, de vîrstă mai tînără, jurasică și eocen-miocenică.

Cărbunii liasici (huilă bogată în gaze) se găsesc în regiunea Pécs—Kovalo, în partea de sud a țării. Se cunosc peste 100 de strate, în grosime totală de peste 50 m. Zăcămintele sînt de dimensiuni mici și tectonizate.

De vîrstă mai tînără (eocen-miocen) sînt cărbunii (cărbune brun și lignit) exploatați în regiunea Munților Bakony — în bazinul Tatabánya și Várpalota; în cantități mai reduse în bazinul Borsod—Miskolc.

Rezervele R. P. Ungare sînt estimate la 20,4 mld.t. din care circa 75% cărbune brun. Producția cea mai ridicată, de 26 mil.t., a fost realizată în 1982.

R. P. Bulgaria posedă cîteva zăcăminte de antracit, huilă, huilă metamorfozată, cărbune brun și ligniți care se exploatează în bazinul de la nord de Sofia, ca și în cele de la Pernik, Bobovdol și Mariţa etc.

Rezervele sînt apreciate la 1,5 mld.t. Producția de cărbune a Bulgariei, în continuă creștere, a ajuns la 32,4 mil.t. în 1983.

Printre țările din Sudul Europei producătoare de cărbune menționăm: Iugoslavia, Italia și Spania.

R. S. F. Iugoslavia. Zăcămintele de cărbuni ale Iugoslaviei sînt situate în partea de nord a țării, la Vrška-Čuka, unde sînt de același tip cu huila din Banat. Alt cîmp carbonifer este situat la fel, în nordul țării, între Dunăre și Tisa, unde se găsesc zăcăminte exploatabile de lignit. Zăcăminte de ligniți se mai găsesc în sudul țării, în platoul Kosovo, aproape de granița cu Albania, cărbuni folosiți în patru termocentrale a cîte 200 MW putere instalată.

Alte exploatări sînt la Tuzla și Kolubera.

Rezervele sînt estimate la 12 mld.t., din care circa 120 milioane (1%) huilă. Producția cea mai ridicată, de 58,5 mil.t., a fost realizată în anul 1983.

Italia are puține rezerve de cărbuni (1,25 mld.t.) din care 50% huilă. Producția cea mai ridicată, de 2,6 mil.t., a fost realizată în 1967, 18% fiind huilă. Italia este o mare importatoare de cărbune și de cocs.

Spania posedă bazine de huilă în bazinele Asturia, Leon, Bilbao, Munții Cantabrici și la Cordoba, Ciudad

Real și Sevilla din Munții Siera Morena. Cărbune brun se află în cîteva localități, în cantități reduse.

Rezervele Spaniei sînt apreciate la circa 7 mld.t., cea mai mare parte fiind huilă. Producția cea mai ridicată, de 90,6 mil.t., a fost realizată în 1976 din care 83% a fost dată de huilă. În 1983 producția a scăzut la 39,5 mil.t.

Grecia dispune de trei bazine cu zăcăminte de lignit: Aliveri, Megalopolis și Ptolemais. Producția de cărbune, în 1983, a fost de 30,3 mil.t.

Uniunea Sovietică deține cele mai mari zăcăminte de cărbuni de calitate superioară din lume. Cele mai mari zăcăminte se găsesc în partea sudică a platformei eurasiatice, de-a lungul vechiului contact al platformei cu apele Mării Tethys. În zona centrală apar importante zăcăminte în bazinul Moscovei, în R. S. S. Kazahă și în regiunile Tunguska și Iacuția din Siberia. Cîteva zăcăminte, răzlețe, se găsesc și în regiunile arctice ale platformei.

Cărbunii din U.R.S.S. se găsesc în formațiuni aparținînd tuturor erelor geologice, din Precambrian pînă în Cuaternar. Cărbunii din formațiunile precambriene nu au importanță economică. Cele mai multe zăcăminte se găsesc în formațiuni paleozoice (45%) și mezozoice (53%), restul fiind cărbune brun și ligniți.

Bazinul Donețului (Donbass) pe teritoriul Ucrainei, are o suprafață de 60 000 km². Este cel mai întins și cel mai productiv. În complexul cărbunos au fost identificate, aproximativ 300 de strate, din care se exploatează 100. Grosimea exploatabilă este de 0,45—2,5 m mai frecvente fiind grosimi pînă la 1,2 m. Zăcămintele conțin antracit, huilă și cărbune brun.

Importanța economică a bazinului este dată și de prezența în apropiere a zăcămintelor de fier de la Kerci și Krivoi-Rog, ceea ce a favorizat dezvoltarea industriei siderurgice cu cea mai mare pondere în U.R.S.S.

Bazinul Moscovei, al treilea ca producție de cărbune din U.R.S.S., are o suprafață de 120 000 km² și asigură 10% din producția țării. Zăcămîntul este format dintr-un singur strat exploatabil de cărbune brun, în grosime de 1,1—7 m.

Bazinul Karaganda din R. S. S. Kazahă are o suprafață de 3 000 km². Zăcămîntul cuprinde 58 de strate ex-

R.P. POLONA
Riga
Tallinn
FINLANDA
Murmansk
L. Ladoga
Leningrad
Minsk
Arhangholsk
L. Onega
Kiev
MOSCOVA
Odesa
Harkov
Gorki
Perm
Saratov
Rostov
Sverdlovsk
Cateebinsk
Tobolsk
Omsk
Novosibirsk
Tbilisi
Erevan
Baku
TURCIA
MAREA NEAGRA
MAREA CASPICA
Ashabad
Taşkent
Alma-Ata
L. Balhaş
IRAN
AFGANISTAN
R.P. MONGOLA
R. P. CHINEZA
Nordvik
Turuhansk
Olekminsk
Kirensk
L. Baikal
Irkutsk
Cita
Iakutsk
Oimeakon
Zireanka
Magadan
MAREA OHOTSK
Habarovsk
Vladivostok
MAREA JAPONIEI
JAPONIA
R.P.D. COREEANA
0 500 1000km

ploatabile, cu o grosime medie de 1—2 m, mai rar de 6—8 m, de vîrstă carboniferă (huilă) și jurasică (cărbune brun). În R. S. S. Kazahă a fost pus în evidență un zăcămînt foarte important, în bazinul Ekibastuz. Conține 10 mld.t. (huilă). Tot nu de mult, în aceeași provinci a fost pus în evidență un lanț de zăcăminte, în lungime de 400 km. În regiunea de stepă a fost identificat un alt zăcămînt, cu o rezervă de un miliard tone, cu posibilități de exploatare la zi.

Bazinul Peciora din nordul U.R.S.S., cu o suprafață de 130 000 km², conține huilă în 39 strate exploatabile, în grosime totală de 39 m. Participă în proporție de 3,3% la producția țării.

Bazine mai mici, în partea europeană a U.R.S.S., sînt: bazinul Lvov-Volhinic în Ucraina; bazinele Tungus și Tkvarceli în R.S.S.A. Abhază; bazinul Tkibuli, în R.S.S. Gruzină.

În Asia Centrală Sovietică sînt de menționat bazinele; Turgai în R. S. S. Kazahă; bazinul Kansk-Acinsk în regiunea Krasnodar, în lungime de sute de kilometri, cu foarte mare grosime, cu o rezervă de 600 mld. t., din care 140 mld. t. pot fi exploatate în cariere, bazinul Irkutsk-Angarsk.

Mari zăcăminte de cărbuni se găsesc în regiunile estice: Irtîș, Enisei și Lena. Acestea sînt cele mai mari din lume.

Dintre zăcămintele de cărbune brun ale U.R.S.S., menționăm pe cele din bazinul Niprului, de la Habarovsk, Primorie, apoi Kamceatka și insula Sahalin în Orientul îndepărtat.

În regiuni geografice, rezervele de cărbuni ale U.R.S.S.

Fig. 8 Bazinele carbonifere din U.R.S.S. (după Zivojin Dordevič); 1 Donet, 2 Lvov-Volînsk, 3 Moscovei, 4 Uralul de sud, 5 Karaganda, 6 Ekibastuz, 7 Peciorei, 8 Kuznețk, 9 Minusinsk, 10 Tungusk, 11 Taimir. Bazine de vîrstă mezozoică: 12 Celiabinsk, 13 Central-asiatic, 14 Orsk, 15 Turgai, 16 Maikubensk, 17 Kansko-Aciansk, 18 Irkutsk, 19 Ulug-hem, 20 Aldan, 21 Zabaikalsk, 22 Bureinsk, 23 Suifun, 24 Sucan, 25 Lena, 26 Zirenka, 27 Arkagala. Bazine de vîrstă terțiară: 28 Nipru, 29 Uralul de sud, 30 Sahalin.

sînt repartizate după cum urmează:

— în partea europeană	647,28 mld. t.
— în regiunea Caucaz	2,01 „ „
— în regiunea Ural	7,51 „ „
— în Siberia de vest și de est	2 290,00 „ „
— în Siberia de nord-est	5 477,84 „ „
— în Transbaikal și Orientul Îndepărtat	64,14 „ „
— în Kazahstan	140,00 „ „
— în Asia Centrală Sovietică	400,80 „ „
	9 028,78 mld. t.

Rezervele cele mai mari de cărbuni ale U.R.S.S. se găsesc în Siberia. Reprezintă 88% din rezervele țării.

După date mai noi (1981), rezervele sigure (4 000 mld. t. și cele probabile (8 700 mld. t) ale U.R.S.S. sînt de 12 700 mld.t. Teritoriul întins și structura geologică sugerează o prognoză excepțională. Producția de cărbune a U.R.S.S. a fost de 740,9 mil.t. în 1970, de 1 111,4 mil.t. în 1976, de 641,5 mil.t. în 1983.

Terenurile carbonifere ale Asiei nu sînt decît parțial cunoscute.

R. P. Mongolă dispune de multe zăcăminte de cărbune, între care cele mai importante se găsesc în bazinul Tologoy din nord-vest, cu rezerve estimate la 7 mld.t., dispuse în strate cu grosimi de 0,7 — 18 m, Nalaiha și Dahan din partea central-sudică cu Cioibalsan, în nord-est.

R. P. Chineză dispune de importante bazine carbonifere, așezate în centrul, nordul și estul țării. Cele mai numeroase sînt formate din antracit și huile. Are și zăcăminte de cărbune brun, în partea centrală și de sud-vest.

Bazinele cele mai mari sînt în nord-est (Fushun, Benxi), în nord Taiyuan, Daton, Beijing-Kailuan, în est, în provincia Shantung și în zona orașelor Changhai și Nankin. În anii construcției socialiste au fost puse în exploatare și alte zăcăminte de cărbune printre care cele din provinciile Sichuan, Gansu, în Regiunile Autonome Sinkiang-Uighur, și Mongolia Interioară.

Cele mai multe zăcăminte ale R. P. Chineză sînt de tip platformă, cu strate productive în grosimi pînă la 20 m și grosimi totale (pe zăcămînt) pînă la 200 m. Zăcă-

mîntul de cărbune brun, din provincia Yunnan, are un strat cu grosimea pînă la 200 m.

Rezervele de cărbuni ale R. P. Chineze sînt estimate la 1 600 mld.t., huilă și antracit și la 3 mld.t., cărbune brun.

Producția de cărbune în anul 1983 a fost de 687,6 mil.t.

Japonia dispune de cărbuni în insulele Hakkaido (bazinul Ishikari), Honshū și Kyūshū Rezervele totale de huilă și antracit sînt estimate la aproximativ 8 mld.t. Cea mai mare producție, de 448,4 mil.t., a fost realizată în 1976, după care a scăzut la 17,08 mil.t., în 1983, cărbunele fiind înlocuit cu hidrocarburi. Japonia importă și mari cantități de cărbune din Canada, Statele Unite și Australia (peste 60 mil. t. anual).

India dispune de o rezervă de aproximativ 4,5 mld.t huilă și antracit. Producția, în creștere, a fost de 143,5 mil.t în 1983, cea mai mare parte provenind din statele Bengalul de Vest, Bihar, Madhya, Pradesh, Punjab și Mysore. Se prevede o creștere a producției.

Viqtnamul dispune de o rezervă de cărbuni în regiunea Honggai, estimat la circa un miliard de tone antracit. Producția este de circa 3,5 mil.t.

R. P. D. Coreeană a atins o producție de circa 36,5 mil.t huilă și 10,5 mil.t lignit în 1982, cu perspectiva de a crește în anii următori.

Coreea de Sud a realizat o producție de 23,1 mil.t în 1976. A scăzut la 19,6 mil.t în 1982.

Turcia a produs 20,1 mil.t. în 1983, din care huilă cocsificabilă 5,1 mil t. Se prevede o creștere în producția de cărbune energetic pentru noi centrale termoelectrice în construcție.

America de Nord. Canada dispune de mai multe bazine carbonifere între care cele mai importante de găsesc în provinciile vestice Alberta și Columbia Britanică în Saskatehewan din centru și Noua Scoție din est. Conțin huilă cocsificabilă. Rezervele totale sînt estimate la 58 mld.t. Producția rezultată prin exploatarea zăcămintelor din vest este exportată în proporție de aproximativ 45% în Japonia. Necesarul de cărbune pentru industriile din est se asigură prin import din Statele Unite, în lipsa unei linii ferate care să lege regiunile din vest

cu industriile din regiunile estice (o asemenea linie ferată este în construcție).

Producția de cărbune a crescut de la 28,6 mil.t în 1938 la 288,4 mil.t în 1976, după care a scăzut la 42,7 mil.t în 1982 și 44,8 mil.t în 1983.

Statele Unite ale Americii sînt a doua țară din lume sub raportul producției de cărbune. Zăcămintele principale se găsesc în următoarele bazine:

— bazinul appalașian, în partea de est a țării, cu o întindere din Pennsylvania pînă la Alabama. În Pennsylvania se găsește antracit, în rest huilă cocsificabilă;

— bazinul central-estic în regiunea Mississippi, se întinde în statele: Illinois, Indiana și Kentucky;

— bazinul central-vestic, se întinde la vest de Mississippi, începînd din nord peste statele: Iova, Missouri, Nebraska, Kansas, Arkansas, Oklahoma pînă în Texas;

— alte zăcăminte de cărbuni se găsesc în vestul țării, în regiunea Munților Stîncoși: zăcăminte de huilă, la est de Rio Grande, în apropiere de Santa Fe, cum și la est și nord de rîul Colorado în statul Utah; zăcăminte de cărbune brun, în bazinele carbonifere ale regiunilor Montana-North Dakota pînă în statul Wyoming; mici zăcăminte de lignit sînt localizate în regiunea Golfului Mexic.

Zăcămintele de cărbune ale Statelor Unite au o valoare calitativă ridicată și unele se exploatează la zi (50%), ceea ce contribuie la un preț de exploatare scăzut.

Rezervele de cărbuni ale S.U.A. au fost calculate numai pînă la adîncimea de 300 m, deși acestea continuă și mai jos. Pînă la adîncimea de 300 m a fost calculată o rezervă de 1 340 mld. t huilă și antracit și la peste 540 mld t cărbune brun. După date mai noi, rezervele de cărbuni ale Statelor Unite se ridică la 2 285 mld t de cărbune superior și la 638,7 mld t de cărbune brun și lignit.

Producția a crescut de la aproximativ 142 mil. în 1938 la 2 117,6 mil.t în 1976. În 1981 a scăzut la 697,6 mil.t. Producția în 1982 a fost de 756 mil.t, iar în 1983 de 730,380 mil.t, situînd S.U.A. pe locul I în lume.

Ca mod de folosință internă, circa 65% din producție este destinată centralelor electrice, 30 mil.t pentru

Fig. 9. Bazinele carbonifere din S.U.A. (după Gatham, citat de Zivojin Đorđević): A, Appalachi, Middle east (Illinois, Indiana, Kentucky); W, Middle west (Missouri, Kansas, Oklahoma, Arkansas, Texas); M, Michigan, *c*, carbonifer; *tr*. triasic; *cr*, cretacic; *t*, terțiar. Alte bazine. *1*, Capitan; *2*, Cerillos; *3*, Paton; *4*, San Yuan River; *5*, Utah; *6*, Uinta; *7*, Green River; *8*, Denver; *9*, Hamra; *10*, Bighorn; *11*, Yellow-stone; *12*, Dakota — Montana — sud; *13*, Dakota — Montana — nord; *14*, Great Falls.

cocs, 60 mil.t pentru diverse alte scopuri, restul se exportă.

Măsuri impuse pentru protecția muncii și a mediului înconjurător au contribuit la restrîngerea activității miniere în ultimii ani. După declanșarea crizei produse de scumpirea petrolului, se încearcă revenirea la o creștere a extracției de cărbune și la pregătirea condițiilor de folosire eficientă, cu cît mai puține riscuri pentru sănătatea omului și pentru poluarea mediului înconjurător. Se preconizează deschiderea a 140 mine noi și a 30 exploatări la zi (în carieră), în vestul țării, pentru asigurarea unei producții de un miliard tone în viitorul apropiat.

Africa. Zăcăminte apreciabile de cărbuni, în teritoriul continentului african au fost identificate numai în Republica Africa de Sud în provinciile Transvaal, Orange-Vystaat și Natal. Bazinele carbonifere de exploatare principale sînt: Witwatessrand, Dundee și Welkam.

Alte zăcăminte, de mai mică importanță, se cunosc în Congo și în Nigeria, apoi în Maroc, Algeria și Tunisia, rezervele fiind apreciate la 240 mld.t.

Rezervele totale, cunoscute, se apreciază la 68 mld. t. Acestea vor crește pe măsură ce cercetarea geologică se va intensifica și se va extinde.

Australia. Zăcămintele de cărbuni, aparținînd clasei huilelor, în cea mai mare parte se găsesc în teritoriul estic, în statele Queensland și New South Wales, cum și la Collie în vestul Australiei. Zăcămîntul din Queensland are un singur strat, de vîrstă mezozoică, în grosime de 1,1 — 1,4 m.

Cărbune brun se găsește în bazinul rîului Latrobe, în statul Victoria (partea de sud-est a continentului). Grosimea totală a stratelor de cărbune este de aproximativ 200 m, în care stratul superior singur atinge grosimi de 100 m și se exploatează în carieră, prețul de cost al producției fiind scăzut.

Bazinele carbonifere principale sînt: Sydney-Newcastle-Wollagong, ca și Brisbane, Yallourn.

Rezervele de cărbuni ale Australiei sînt apreciate la 170 mld.t, din care 20 mld.t huilă. Producția în anul 1976, a fost de 76,5 mil.t, din care 60 mil.t huilă. În 1982, producția a fost de 134,6 mil.t, iar în 1983 de 143,172 mil.t. Proiectul de viitor preconizează o producție de 200 milioane tone în anul 2000. Australia exportă cărbune.

America Latină. Continentul sud-american are puține rezerve cunoscute de cărbune, cele mai mari rezerve revenind Columbiei, care dispune de o rezervă de 10 mld. t huilă și 27 mld. t cărbune brun. Peru dispune de 3,3 mld. t cărbune. La nivelul anilor 1974—1975 pro-

ducția unor țări din America Latină s-a ridicat la: 3,5 mil.t. în Mexic; 2,5 mil.t. Brazilia; 1,5 mil.t. în Chile; 5 mil.t. în Ecuador.

Antarctica. Vastul teritoriu continental al Antarcticii este acoperit cu o pătură groasă (uneori de 3 000 m) de gheață, sub care este ascunsă structura geologică de detaliu a teritoriului. Cercetările geofizice și forajele, care au fost efectuate, au determinat unele zone, disparate, cu conținut de cărbune. Încă nu sînt puse concluzii asupra unui potențial geologic privind bogăția în cărbune a continentului.

În general, continentele sudice, în afară de Australia, nu au fost cercetate suficient pentru a se putea defini un potențial geologic orientativ al rezervelor de cărbune. Cantitățile scăzute de rezerve identificate se datorează lipsei de investigații (cercetări geologice de amănunt) și de foraje pe structuri susceptibile pentru existența unor zăcăminte de acest fel. Lipsa cercetărilor geologice este legată de gradul scăzut al nivelului social-cultural și economic al țărilor africane de-a lungul ultimelor secole, repercusiune directă a politicii colonialiste și neocolonialiste.

Zăcămintele de cărbuni din România

În trecutul geologic, teritoriul țării noastre a beneficiat de condiții prielnice pentru dezvoltarea unei vegetații capabile să formeze acumulări din care să rezulte zăcăminte de cărbune. Perioadele de creștere și de acumulare în strat subacvatic a vegetației au fost însă de scurtă durată, din care cauză cele mai multe strate de cărbune sînt relativ subțiri și separate prin strate de steril, de diferite grosimi, după durata în timp cît a fost întreruptă dezvoltarea vegetației de mlaștină.

Nici suprafața bazinelor carbonifere din țara noastră nu are întinderea celor descrise anterior. Aceasta, datorită condițiilor geologic-geografice din trecut, care au determinat o linie de contact cu Marea Tethys (apoi Paratethys) de formă sinuoasă, cu golfuri și lagune de mică întindere, adesea lacuri interioare care au favorizat dezvoltarea unei vegetații propice și care, în cele din urmă, au fost colmatate. Frecvența proceselor geologice din pa-

Fig. 10. Combustibili minerali energetici (după Atlasul geografic al R.S.R. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti 1985, planşa 59).

leozoic pînă în perioada actuală a determinat cutări și mișcări oscilatorii ale scoarței, care au creat un mozaic morfologic și de formațiuni geologice exondate (ridicate peste nivelul apelor marine) din care a rezultat relieful dințat al coastei sudice a Europei, cum și mările interne cu întinderea lor actuală.

Cutările carpatice, însoțite de mișcări oscilatorii și mai ales cutările subcarpatine, au promovat formarea diferitelor specii de cărbuni pe teritoriul țării începînd din carbonifer pînă la formațiunea cu turbă a zilelor noastre.

Cărbuni superiori. Zăcămintele de antracit. Singurul zăcămînt de antracit, identificat pînă în prezent, este cel de la Schela-Viezuroiu, în „formațiunea de la Schela", din sudul Carpaților Meridionali, pus în exploatare începînd din anul 1891, prin mai multe guri de mină, din care, cea de la Dîlma, funcționează și în prezent. Formațiunea de Schela este de vîrstă liasică, cu cărbunele metamorfozat.

Zăcăminte de huilă antracitoasă se află la sud-vestul țării (județul Caraș-Severin), în formațiuni paleozoice, de vîrstă carboniferă.

Zăcămîntul de la Lupac din zona Reșița-Moldova Nouă conține două strate de cărbune, cuprinse în șisturi argiloase. Stratul inferior, în grosime de 20—40 cm, prezintă îngroșări aproape sporadice pînă la 1,30 m. Peste acesta, după o intercalație sterilă de 20 m, urmează stratul al doilea cu grosimea de 0,8—1,0 m. Din cauza unor condiții tectonice complexe, exploatarea a fost mult frînată și abandonată în 1958.

Zona Svinița-Svinecea Mare cuprinde zăcămintele de la Baia Nouă și Camenița, de vîrstă carboniferă. Tot în zonă se găsește zăcămîntul de la Eftimie Murgu, de vîrsta liasică.

Zăcăminte de huilă grasă se găsesc la Secul și Cozla. Cel de la Secul este de vîrstă carboniferă cuprins într-un sinclinal aplecat înspre est și împărțit, prin falii longitudinale, în trei compartimente. Zăcămîntul de la Cozla este cuprins în zona Svinița-Svinecea Mare. Este de vîrstă liasică. Și acesta apare într-un sinclinal, aplecat spre est și încălecat peste formațiuni cretacice.

Zăcăminte de huilă slab degresată se cunosc la Bigăr și Doman. Zăcămîntul de la Bigăr (zona Sirinia) este alcătuit din două strate, cu grosimi de 0,5—1,0 m, dezvoltate sub formă de lentile, într-un sinclinal asimetric. Huila de la Bigăr are o capacitate calorică pînă la 8 500 calorii. S-a exploatat între anii 1913—1955.

Zăcămîntul de la Doman, de vîrstă liasică, format din două strate, în grosime de 0,8—2,3 m și 0,9—2,3 m, este cuprins într-un anticlinal strîns, diapiric (de forma unei pene care străpunge, de jos în sus, formațiunile acoperitoare).

Zăcămîntul de huilă pentru cocs de la *Anina* formează un anticlinal cu direcția nord-sud, împărțit în trei orizonturi: la bază, un strat productiv, cu opt strate de cărbune și două strate de argilă refractară; la mijloc se află orizontul șisturilor bituminoase; în partea superioară un complex marnos (stratele de Valea Mare), tampon pentru oprirea apelor de infiltrație. Exploatarea cărbunelui a depășit adîncimea de 1 100 m. Este cea mai adîncă mină de cărbuni din țară. Șisturile bituminoase sînt puse în exploatare și alimentează o centrală termoelectrică.

Din cretacicul superior este huila de la Rusca Montană, exploatată parțial în trecut. Conține pînă la 45% substanțe volatile, are un conținut ridicat de cenușă, grad de cocsificare scăzut.

Zăcămintele de huilă cu flacără lungă din Bazinul Petroșani.

Se întind în depresiunea posttectonică a Jiului superior, în partea axială a Carpaților Meridionali, unde ocupă o suprafață de aproximativ 50 km lungime și 2—9 km lățime, alcătuind cel mai bogat bazin carbonifer al țării în ce privește cărbunii industriali. Zăcămîntul propriu-zis este cuprins în orizontul I productiv cu 18 strate depuse în formațiuni oligocene de forma unui sinclinal orientat vest-est și compartimentat în blocuri tectonice, cu cîmpurile miniere, începînd de la est spre vest: Lonea, Petrila, Dîlja, Aninoasa, Vulcan, Lupeni, Uricani, Livezeni, Sălătruc, Paroșeni, Bărbăteni, Cîmpu lui Neag.

Zăcămintele se exploatează din perioada anilor 1840, pentru valoarea lor energetică și industrială (cocs). O mare parte a cîmpurilor miniere din regiune au fost explorate și puse în exploatare după naționalizare (1948).

Rezervele acestui bazin depășesc un miliard tone. Conțin substanțe volatile în proporție de 21,6—48% și au o capacitate calorică de 7 000—7 920 kcal. raportată la masa combustibilă.

Zăcăminte de cărbune brun. *Zăcămîntul de cărbune brun smolos* de la Codlea-Vulcan este cuprins într-un complex liasic, așezat pe cristalin, diferențiat în sinclinalul Codlea-Vulcan și sinclinalul Cristian.

A fost exploatat un singur strat de cărbune între anii 1879—1923. Grosimea stratului a fost de 1—2 m. Masa combustibilă a avut puterea calorică de 6 977—7 272 kcal.

Zăcămîntul de cărbune brun de la Comănești este situat în zona subcarpatică a Carpaților Orientali, într-un complex de sedimente miocenice și pliocenice, cu un singur orizont productiv. Este situat în șapte cuvete. Puterea calorică a masei combustibile este cuprinsă între 6 488—7 070 kcal.

Bazinul de cărbune brun Țebea-Brad este situat în complexul neogen din Depresiunea Brad-Hălmagiu, complex de vîrstă badenian-sarmațiană, sub forma tectonică de cuvetă asimetrică. Stratele de cărbune se găsesc în flancul sud-vestic al cuvetei în dealurile, colinele, terasele și lunca din flancul stîng al Crișului Alb, între Țebea și Brad.

Au fost exploatate două strate în sectorul Țebea, stratul inferior avînd grosimea aproape constantă, de 3—3,50 m, și stratul superior, în grosime de 0,8—1,3 m. Celelalte trei strate sînt mai subțiri și discontinue. În sectorul Brad-Mesteacăn se exploatează un singur strat, în grosime de 1,0—1,2 m, acoperit de strate acvifere care frînează exploatarea.

Materiile volatile apar în proporție de 28%. Capacitatea calorică a cărbunelui natural este de 3 880—4 200 cal, cea a masei combustibile de 6 400—6 890 cal.

Cărbunele brun din bazinul Văii Almașului este cuprins într-un pachet de formațiuni oligocene. Se cunosc exploatările de la Țicu, Tămașa, Cristolțel, Surduc ș.a. Ca tectonică, acest bazin apare ca un monoclin slab cutat.

Cărbunele apare în strate de grosime mică, rareori depășind un metru. Sub raport calitativ, cărbunele pre-

zintă 29—30% materii volatile și are o putere calorică de 3 600—3 900 kcal, masa combustibilă avînd 6 700—6 900 kcal.

Zăcămintele de lignit. Se găsesc în formațiuni geologice de vîrstă ponțiană, daciană, romaniană și villafranchiană în: Depresiunea Precarpatică, Depresiunea Getică, Depresiunea Panonică, Bazinul intramontan Baraolt. Complexul sedimentar în care sînt cuprinse conține și strate acvifere, ceea ce duce la greutăți în exploatare, necesitînd lucrări de asecare. Cărbunele, în general puțin evoluat, la aer și intemperii se exfoliază, se mărunțește și își pierde din puterea calorigenă.

În Depresiunea Precarpatică se găsesc acumulări de cărbune la Șotîga, Filipești de Pădure și Ceptura, de vîrstă daciană.

În zona *Șotînga-Mărgineanca* cărbunele este cuprins în trei strate, în grosimi variabile, în medie de 2,5 m, din care partea utilă este de circa 1,5 m. Materiile volatile sînt în proporție de 24% la cărbunele natural, de 57% raportate la masa combustibilă. Capacitatea calorică este de 2 300—2 640 cal, a cărbunelui natural și de 5 800—6 100 calorii, raportată la masa combustibilă.

Cărbunii de la Filipești de Pădure se exploatează din anul 1914, exploatarea cea mai dezvoltată fiind mina Roșioara. Zăcămîntul, în formațiuni daciene, prinse sub raport tectonic într-un anticlinal, cuprinde 23 strate de cărbune din care se exploatează numai 9, în grosimi variabile, pînă la 2,7 m, cele mai multe strate avînd sub un metru grosime.

Materiile volatile reprezintă 17% din cărbunele natural și 57,7% raportate la masa combustibilă. Puterea calorică de 1 469—1 808 calorii pentru cărbunele natural, de 5 850—6 145 calorii raportată la masa combustibilă.

Zăcămîntul Ceptura este situat în zona Urlați, în dealurile subcarpatice alcătuite din formațiuni pliocene. Lignitul este cuprins în cinci strate, cu grosimi de la 0,5—la 1,82 m, separate prin strate acvifere. Întreaga coloană stratigrafică este acoperită de nisipuri fine, prăfoase și argiloase, cuprinse în marne și argile, factor care contribuie la infiltrarea apei în ivirile la zi a nisipurilor.

Cărbunele întrunește calitățile necesare pentru nevoi energetice. Exploatarea a început în anii 1938—1939 și

a fost oprită în anul 1947, din cauza greutăților de transport.

În Depresiunea Getică se cunosc zăcămintele de lignit cuprinse în complexe productive de vîrstă pontiană (Schitu Golești), daciană (Rovinari), dacian-comaniană și villafranchiană (Motru), dispuse într-o structură simplă, monoclinală, cu înclinări mici. În cuprinsul formațiunilor din complexul productiv apar 3—8 orizonturi acvifere.

În Schitu Golești a fost pus în exploatare stratul 1, cu grosimea pînă la 3,6 m. Se exploatează din 1891. Este un lignit cu conținut scăzut de umiditate și cenușă.

Zăcămîntul Rovinari-Motru este cuprins în același bazin, cu continuitate între cele două exploatări. În sectorul Rovinari stratele superioare (7—17) au fost erodate. La Rovinari se exploatează stratele 5, 6 și 7, în grosime totală pînă la 9 m. Lignitul se exploatează în mai multe cariere (Gioani, Gîrla, Beterega, Tismana, Lupoaia etc.). Exploatarea a început în 1949.

La Motru se păstrează întregul pachet de strate (1—17). Exploatarea zăcămîntului a început cu stratul 10, prin minele Horăști, Leurda, Ploștina, Roșiuța.

Prin rezervele lor foarte mari și prin poziția lor la suprafață și mică adîncime, deși sînt de slabă calitate, zăcămintele din Depresiunea Getică, reprezintă o valoare deosebită, cu o mare participare la producția de cărbuni energetici ai țării, necesari centralelor termoelectrice. Aceste rezerve reprezintă aproximativ 90% din totalul rezervelor de lignit din țară.

Zăcămintele din bazinul Baraolt sînt cuprinse în 6 cuvete, cu 1—4 strate de lignit. Exploatarea a început cu stratul 3, în grosime de 2—12 m, prin minele Vîrghiș (din 1839) și Căpeni (din 1872). Lignitul din acest bazin conține un procent ridicat de acizi humici. Are un conținut scăzut de cenușă.

Zăcămintele din Depresiunea Panonică sînt cuprinse în formațiunile panoniene din mai multe bazine de sedimentare posttectonică. Interes economic au prezentat stratele de cărbuni din județul Bihor (Popești, Voivozi, Sărmășag, Ip, Suplacu de Barcău și Bratca). La Voivozi au prezentat interes două strate, în grosime de 2,2 m respectiv 1,8—5,20 m. Din cele 27 strate de lignit la Sărmășag, a prezentat interes și s-a exploatat stratul 9.

La Bratca s-a exploatat stratul 2, în grosime medie de 2,7 m.

Zăcămintele de lignit de la Hidișel, Urviș și Sighiștel, de mică întindere, în parte exploatate (unele nerațional) nu mai prezintă interes.

Lignitul din bazinul Caransebeș (la Sinersig), fiind cuprins între strate acvifere, deocamdată este inaccesibil pentru exploatare.

Zăcăminte de turbă. Turba este cel mai inferior combustibil fosil, fiind format recent, cu masa vegetală puțin carbonificată. Se întrebuințează totuși și la încălzit, pe plan local. Datorită bogăției în azot, este folosită și ca îngrășământ în culturi vegetale, agricole și în floricultură. Nămolul turbos este folosit în terapia unor maladii.

Turbării în țara noastră se găsesc în mai multe regiuni dintre care amintim: Poiana Stampei în județul Suceava; Dersca, în județul Botoșani; Miercurea-Ciuc, în județul Harghita; la Dorna-Ceahlău, Tușnad, jud. Covasna, Borsec; în Munții Maramureșului; în Bucegi, în Munții Sebeșului, în masivul Semenic etc. Sînt formate din vegetație de mușchi și angiosperme ierboase. Au o structură buretoasă, îmbibată cu apă. Forma lor este bombată, ca o „sticlă de ceas" față de relieful înconjurător.

Producția de cărbune a României a fost de 46,6 mil. t în 1935.

Capitolul 6

PETROLUL. GAZELE NATURALE

Puterea calorică ridicată, posibilitatea de extracție prin sonde la un preț de cost scăzut, transportul ieftin prin conducte și tancuri petroliere au susținut interesul pentru cercetarea geologică și valorificare a numeroase cîmpuri petrolifere, a căror existență în trecut nici nu se bănuia.

Valorificarea petrolului și a gazelor naturale reclamă cheltuieli ridicate în faza investițiilor inițiale. Apoi, extracția din zăcămînt este cea mai puțin costisitoare din întreg sectorul de valorificare al subsolului. Amortizarea investițiilor se face în timp foarte scurt, lăsînd loc, în continuare, beneficiului.

Vechimea cunoașterii petrolului

Cele mai vechi date referitoare la cunoașterea și folosirea petrolului, și mai ales a bitumenului, le avem din Orientul Mijlociu, teritoriul cuprins între Caucaz, Regiunea Golfului și Egipt, din timpul unor vechi culturi și a unor vechi popoare (elamiți, sumerieni, egipteni, babilonieni, asirieni, perși) care foloseau petrolul, în mileniile VI—IV î.e.n., la construcții de drumuri, liant în zidăria construcțiilor, la impregnarea corăbiilor de lemn, la prepararea mumiilor.

Dintre istoricii antici în ale căror opere este menționat petrolul, amintim pe Herodot (lacul din insula Zakyntos), Strabo (mina de asfalt din Apollonia), Pliniu cel Bătrîn (ivirile petroliere din apropierea localităților Samosate și Capadochia) și Plutarh („rîul de foc" din Ecbatana).

Pe la anul 221 î.e.n., împăratul Chinei a ordonat să se facă cîteva sute de forja pentru extracția petrolului. Ar fi cea mai veche mențiune referitoare la exploatarea petrolului.

În vechime petrolul a fost folosit și în medicina empirică. Astfel, la egipteni se preparau medicamente și alifii. După un timp, o dată cu căderea Babilonului (600 î.e.n.), se constată folosirea petrolului și ca material incendiar de război. Mai apoi fenicienii, grecii, romanii și cartaginezii au lărgit întrebuințarea petrolului la impregnarea corăbiilor și în medicină.

În evul mediu, petrolul a fost folosit mai mult de către arabi, care se pare că au construit și prima distilerie și rafinărie de petrol, pentru a obține produși mai ușor inflamabili, necesari în scopuri militare. S-a păstrat și s-a extins folosirea petrolului la construcția navelor și a fortificațiilor.

În timpul marilor descoperiri geografice a fost descoperit zăcămîntul de asfalt din insula Trinidad (Antile), apoi unele zăcăminte din Birmania și din China. În secolul al XVII-lea, la Modena (Italia) a început distilarea șisturilor bituminoase pentru a se obține gazul necesar la iluminatul străzilor unor orașe.

În timpul domniei lui Napoleon Bonaparte a fost exploatat asfaltul de la Val de Travers din Elveția, apoi de la Seyssel din Franța și de la Ragusa din Italia, folosit la construcția de drumuri.

Folosirea și distilarea șisturilor bituminoase pentru obținerea petrolului lampant a fost extinsă pînă în Scoția, unde a cunoscut o dezvoltare înfloritoare pe la 1830. Prin acest procedeu a fost obținută și parafina, folosită tot la iluminat, în opaiț.

În Franța, la 1854, a fost separat un lichid inflamabil, kerosenul sau petrolul lampant, folosit la luminat.

Referitor la cunoașterea țițeiului pe teritoriul țării noastre există unele știri care atestă folosirea acestuia de către daci în practici legate de cult, precum și la impregnarea torțelor pentru luminat.

Unele hrisoave din secolul al XV-lea (pentru Moldova) și din secolul al XVI-lea (pentru Muntenia) se referă la o toponimie legată de petrol și de păcură. Obiectele găsite la Tîrgșor, lîngă Ploiești, și în aria altor necropole ale unor așezări datînd din secolele V—VI și IX—X arată că populația acestor zone folosea păcura. Urme ale unor exploatări, începînd din secolul al XVII-lea, au fost identificate la Moinești, pe Valea Trotușului și la Păcureți, unde țițeiul se extrăgea prin puțuri săpate de țărani. Practica a continuat și s-a extins și în secolele următoare, pînă cînd s-a trecut la o producție organizată în vederea prelucrării în instalații de distilare și rafinare, începînd cu jumătatea a doua a secolului trecut.

Cea dintîi producție de petrol a României s-a realizat în anul 1857, urmînd apoi S.U.A. (1859), Canada (1862), Rusia (1863), Polonia (1864), Japonia (1875) etc.

În 1858 un pensionar, Edwin Drake din satul Titusville, statul Pennsylvania, a urmărit pe sol ivirea unor pete vîscoase și de culoare brună. Împreună cu un prieten al său, fierarul William Smith, au hotărît să facă o gaură în formațiunea pe care au fost mai dese acele pete.

Au improvizat o schelă, un balansier, au construit o sapă de foraj, au procurat și frînghia corespunzătoare și au început forajul. Au lucrat cîteva luni și nemaiavînd bani au înființat o societate „Seneca Oil" la care au aderat și vecinii lor. La adîncimea de douăzeci de metri a țîșnit petrolul în puț. În acest fel s-a înregistrat prima forare prin sonde a petrolului.

Exemplul lor a fost urmat în regiunea respectivă, apoi s-a extins în Texas, California și Vestul Mijlociu. Astfel a început producția de petrol, peste ocean, dar fără cumpărători. Un baril de petrol se vindea cu 10 cenți. Numai după două decenii un funcționar al unei modeste firme din Cleveland, împreună cu John D. Rockefeller, au înființat, în 1880, compania „Standard Oil Trust". După alți 15 ani de așteptare, H. Ford a început fabricarea motoarelor cu ardere internă, un moment de avînt în istoria petrolului.

Formarea hidrocarburilor și acumularea lor în zăcăminte de petrol și gaze naturale

Materia organică. Locul unde se depune

Petrolul și celelalte substanțe inflamabile asemănătoare lui, pe care le adăpostește scoarța terestră, sînt cuprinse — ca și cărbunii — în stratele sedimentare în care s-au format sau în care au emigrat și s-au acumulat în cantități apreciabile, constituind zăcăminte exploatabile. Studiind natura acelor sedimente, care nu sînt altceva decît depuneri de nisipuri și mîluri așezate pe fundul apelor (dulci, salmastre și sărate), descifrăm în mod nemijlocit și originea petrolului care s-a format din materia organică a viețuitoarelor care au trăit în apele respective. După moartea lor, corpul acelor viețuitoare s-a depus pe fundul apelor în amestec intim cu nisipul și cu mîlul. Cu această fază începe istoria formării petrolului. Pînă aici viețuitoarele aparțineau materiei vii, organizată în diferite biocenoze, în care raportul dintre plante (producători de materie organică prin fotosinteză și chimiosinteză), animale ierbivore și animale carnivore constituie așa-numitul echilibru biologic. Prin acest

echilibru se asigură materia vie, creatoare de hrană, într-o cantitate corespunzătoare menținerii existenței tuturor consumatorilor din unitatea biologică respectivă, se asigură continuitatea vieții.

Numai unele cataclisme sau schimbări rapide și neașteptate, produse în cadrul unor factori ai mediului lor de viață, pot răsturna sau deregla acest echilibru biologic. Dacă se reduce numărul vegetalelor creatoare de materie organică, se va reduce și numărul consumatorilor. Dintre aceștia se vor menține mai ușor indivizii mai bine dotați spre a face față concurenței pentru hrană. În cele din urmă, în anumite condiții ale deteriorării mediului, toate organismele vii vor muri, iar corpul lor se va depune pe fundul apei, unde în amestec cu mîlul, formează un nămol gras, negricios, numit *sapropel*.

Formațiuni sapropelice se găsesc în luncile și deltele rîurilor, în lacuri, în limanuri și lagune de concentrare, în mări interne în curs de colmatare. Lagunele de concentrare și mările interne se leagă de întinderea oceanică prin așa numitele praguri. În tot timpul cît țărmul și pragul se ridică, laguna este izolată și supusă unei evaporări urmată de concentrarea apei, ceea ce determină exterminarea viețuitoarelor și depunerea cadavrelor în mîlul de pe fundul lagunei. Este faza în care se găsește lacul Techirghiol în prezent. Dacă țărmul și pragul suferă o mișcare de coborîre lentă, laguna reia legătura cu marea care îi redă cantitatea de apă pe care o poate primi cum și viețuitoarele marine cu întreaga lor suită de producători și consumatori. Alte mișcări oscilatorii vor întrerupe și restabili asemenea legături, caracterizate prin tot atîtea strate de sapropel.

Condiția principală pentru asigurarea unui strat petroligen este ca materia organică depusă să fie încorporată în sedimente fine care să o izoleze de contactul cu oxigenul.

În acest mediu, oxigenul dispare și prin participarea lui la putrezirea materiei organice neacoperite de depunerile minerale.

Se mai cere ca materia organică provenită din biocenoza mediului acvatic și cea adusă de pe continent, de către apele curgătoare, să fie în cantitate ridicată. În mările semiînchise un important rol îl are fundul în lentă

scufundare, prin care se asigură acumularea unui strat sapropelic de grosime mare.

Condițiile de mai sus determină formarea unui mediu lipsit de oxigen, mediu *euxinic* sau *anoxic* (G. I. Demaison, G. T. Moore, 1980), mediu reducător în care bacteriile reducătoare descompun materia organică complexă în substanțe mai simple, pînă la hidrocarburi.

Bituminizarea materiei organice

Depunerea de materie moartă se face în mod permanent atît în lagune de concentrare, cît și în largul mărilor și oceanelor. Dar cantitatea de materie organică, în unitatea de volum, este mai mare în lagune, în faza de izolare față de marea căreia aparțin.

În delte, lacuri, lagune și în mări în inexorabilul circuit al naturii în mod obișnuit, viețuitoarele bătrîne, cele ucise, cele bolnave cad întruna pe fund și îmbogățesc cu conținut organic materia nisipoasă, argiloasă și chiar calcaroasă cu care se amestecă. Dacă astfel de depozite se găsesc la mică adîncime, bacteriile aerobe vor descompune materia organică pînă la termeni minerali. În zonele adînci ale sedimentelor cu conținut organic, unde nu pătrunde oxigenul, bacterii anaerobe efectuează, în grosimea stratului de sapropel, o acțiune de descompunere lentă a materiei organice. La transformările chimice din sapropel mai participă presiunea exercitată de greutatea stratelor acoperitoare și temperatura corespunzătoare gradientului geotermic. Ansamblul proceselor chimice și fizice care au loc, constituie fenomenul de bituminizare. Din materia organică rezultă hidrocarburi, gazoase, lichide și solide. Același proces de bituminizare se extinde și asupra materiei organice dispersate în grosimea sedimentelor.

Cele mai mari zăcăminte de petrol și gaze s-au format în ariile marine, angajate într-un proces de scufundare lentă. Pe fundul acestor ape se realizează mai de timpuriu un mediu anaerob, datorită materialului solid (mîluri) care se depune, oferind un acoperiș etanș pentru materia organică și pentru produșii rezultați din descompunerea acesteia.

Bituminizarea se produce într-un timp îndelungat. Timpul în care materia organică s-ar transforma în pe-

trol ar fi de cel puțin un milion de ani sub o temperatură mai ridicată, dar nu peste 150°C. Unii autori admit și temperaturi mai ridicate.

Cercetările geologice de teren asociate cu examinarea multiplă a materialului recoltat, în laboratoare bine dotate cu aparatură modernă, au marcat progrese excepționale în cunoașterea complexă a proceselor de sedimentare, de încorporare a materiei organice, de diageneză a acesteia: de îngropare și de oleogeneză.

Materia organică în prima fază dă un produs, *protokerogenul*, un amestec de substanțe care mai păstrează unele asemănări cu materia moartă din care au rezultat. Sub efectul temperaturii și al timpului, protokerogenul se transformă în kerogen, prin eliberare de hidrogen și îmbogățire reziduală (pe loc) în carbon. Procesele acestea se petrec în roca cu conținut organic, devenit rocă-sursă de hidrocarburi. Astfel de roci sînt argilele, șisturile argiloase, calcare, marne. Transformarea kerogenului în petrol este un fenomen de lungă durată și încă necunoscut.

S-a putut stabili că petrolul rezultă din material bogat în lipide (grăsimi), ceruri și rășini; gazele se formează din materiale bogate în celuloză și lignină.

Cercetările geologice, pe baza unor studii amănunțite a rocilor sursă de petrol, au trecut de la definirea calității de generator de hidrocarburi a unui complex de roci la aprecieri cantitative, la o anumită definire a potențialului petrolifer al rocilor.

Forma de zăcămînt a hidrocarburilor

Hidrocarburile formate — sub presiunea la care se găsesc — dau soluții (țițeiul), în care hidrocarburile lichide dizolvă o parte din cele gazoase și solide. Hidrocarburile gazoase nedizolvate și petrolul format migrează din locul lor de origină, fie de-a lungul stratului în care s-au format, fie prin stratele acoperitoare spre exterior, cu tendința de eliberare de sub presiunea la care s-au format. În mișcarea lor, hidrocarburile formate adesea ajung sub strate dispuse în formă de cupole, alcătuite din argile umede. Aceste cupole (capcane) determină acumularea, la adăpostul lor, a hidrocarburilor migrate din zăcămîn-

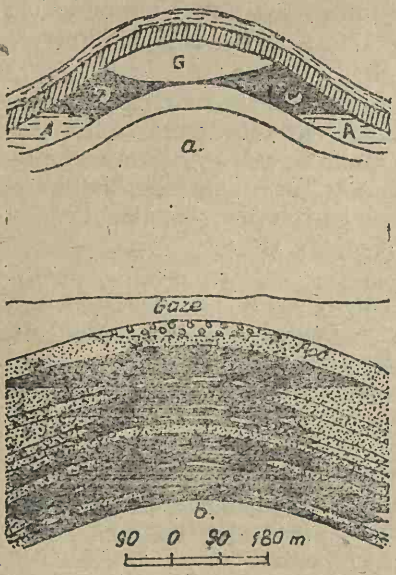


Fig. 11. Stratificația hidrocarburilor într-un zăcămînt petrogazeifer (structura Rosenkrantz, California):
a — zăcămînt simplu, *b* — zăcămînt polistratificat; G — gaze, P — petrol, A — ape sărate.

tul lor primar, de origine (fig. 11), unde ajung în zăcămînt secundar.

În mișcarea lor, hidrocarburile se comportă diferit, după cum străbat prin spații capilare (foarte înguste) sau supracapilare (mai largi). La străbaterea prin porii capilari, hidrocarburile se leagă intim de particulele de rocă. Acestea se vor acumula în zăcămînt numai în măsura în care se eliberează din porii rocilor. Hidrocarburile străbat ușor prin spațiile supracapilare (cu pori mai mari) și se pot acumula în zăcămînt, unde — de regulă — se produce o stratificație pe verticală, fig. 12. La partea superioară se acumulează hidrocarburi gazoase, urmate de petrolul propriu-zis iar la partea inferioară rămîne apa reziduală, apa de zăcămînt, bogată în săruri minerale.

Adesea migrarea petrolului este orientată după alte dislocări tectonice, cu falii și fracturi.

Ridicarea hidrocarburilor spre exteriorul scoarței terestre face parte dintr-un proces larg și lent de degazeificare terestră. Gazele avînd o greutate specifică scăzută sînt împinse spre exterior. Cele care nu întîlnesc în ri-

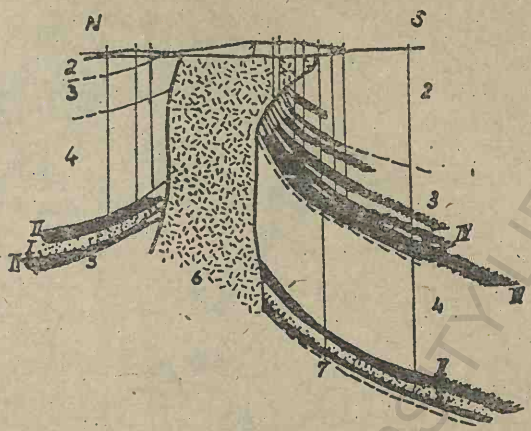


Fig. 12. Zăcămînt de petrol în apropierea unui zăcămînt de sare: 1—5 formaţiuni sedimentare, S — masiv de sare, I—III strate de petrol.

dicarea lor un obstacol, de tipul capcanelor menţionate, se ridică la suprafaţă şi se pierd definitiv în atmosferă. Deducem că la o asemenea pierdere sînt supuse mari cantităţi de hidrocarburi.

Regiuni geografice favorabile formării hidrocarburilor

Examinînd harta cu răspîndirea pe glob a zăcămintelor de hidrocarburi şi confruntînd-o cu harta geologică a globului, apare suprapunerea structurilor petrolifere peste zonele de mai mare instabilitate geologică de la contactul vechilor uscaturi cu ariile oceanice.

Regiunile afectate de o mare mobilitate a scoarţei se găsesc în aria vechii Mări Tèthys şi la contactul acesteia cu uscatul, unde, prin încreţiri ale scoarţei, cum şi prin mişcări de scufundare şi de ridicare a acesteia au avut loc dese schimbări ale formelor de relief a uscatului (munţi, depresiuni, cîmpii) şi a răspîndirii apelor marine (mări cu deschidere largă, mări interne, lagune de concentrare) cum şi o variată configuraţie a liniei de ţărm (peninsule, golfuri, insule). Repetarea unor astfel de evenimente geologice a dus în cele din urmă la mărirea ariilor uscatului, atît în emisfera nordică cît şi în cea sudică, anexînd vechilor continente şi structurile geologice

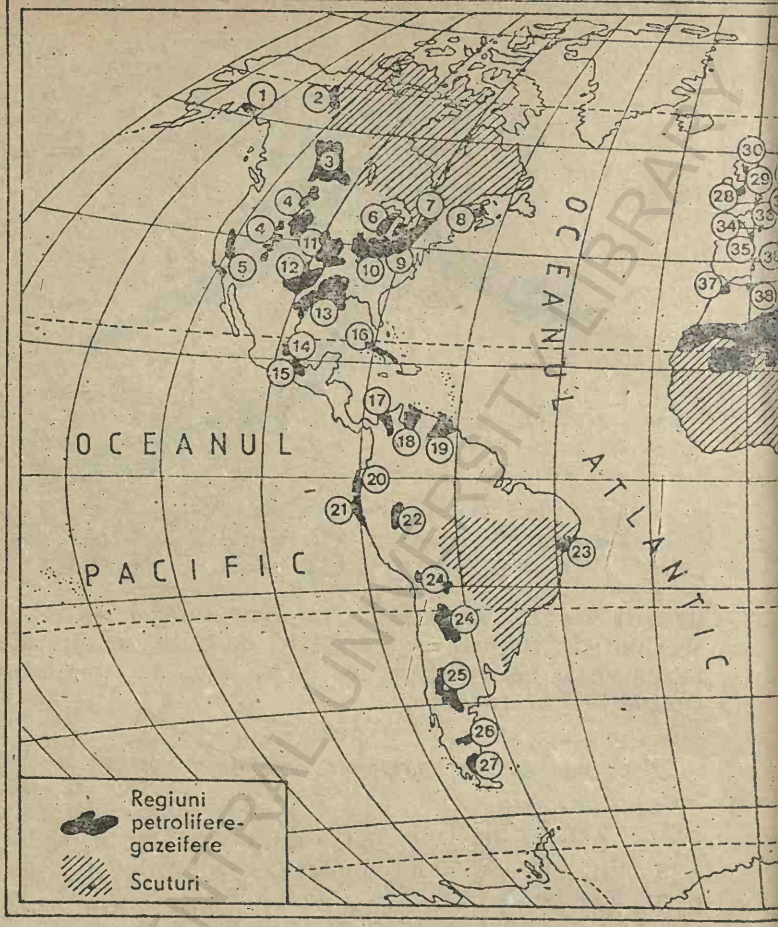


Fig. 13. Răspîndirea regiunilor petrolifere și gazeifere pe glob (după I.O. Brad, N.A. Eremenco, din I. Gavăț): *1*, Katalla — Yagataga (Alaska); *2* Norman Wells; *3*, Canada de vest; *4*, Depresiunile intermontane ale Munților Stîncoși; *5*, Depresiunile intermontane din California; *6*, Bazinul Michigan; *7*, Canada de est; *8*, Canada de nord-est; *9*, Appalachi; *10*, Bazinul intern oriental Illinois; *11*, Bazinul inter vestic; *12*, Bazinul Permian de sud-vest; *13*, Coasta Golfului Mexic; *14*, Mexicul de nord (regiune Tampico); *15*, Tehuantepec; *16*, Insula Cuba; *17*, Bazinul Magdalena (Columbia); *18*, Bazinul Maracaibo; *19*, Venezuela de est; *20*, Ecuador; *21*, Coasta Perului; *22*, Aqua-Kaliente; *23*, Bazinul Baia; *24*, Bolivia și Argentina de nord; *25*, Argentina de sud (subandină); *26*, Comodoro-Rivadavia; *27*, Țara de Foc; *28*, Liverpool; *29*, Wottinghashire; *30*, Dalkeit; *31*, Prebaltica; *32*, Grabenul Rinului; *33*, Zona sub alpină; *34*, Bazinul Limania; *35*, Zona subpirineană de vest, *36*, Zona subpirineană de est; *37*, Maroc; *38*, Algeria, *38-bis*, Sahara; *39*, Italia de nord (Emilia); *40*, Sicilia; *41*, Italia de sud (Calabria); *42*, Zona preadriatică; *43*, Zona

44, Zona Precarpatică; *45*, Bazinul Nipru-Doneț; *46*, Bazinul Azov Cuban; *47*, Bazinul oriental al Mării Negre; *48*, Bazinul vestic al Mării Negre; *49*, Bazinul Nilului; *50*, Bazinul Golfului Persic; *51*, Bazinul Sud-Caspic; *52*, Zona precaucaziană (Bazinul Medio-Caspic); *53*, Bazinul Ust-Urt; *54*, Bazinul Nord-Caspic; *55*, Bazinul Moscova; *56*, Bazinul Pecioara-Tima; *57*, Zona Taimir; *58*, Siberia de vest; *59*, Bazinul Vilnîi (Lena) *60*, Bazinul Ciulsk; *61*, Bazinul Fergana; *62*, Bazinul Kîzîl-Kum; *63*, Bazinul Kara-Kum; *64*, Depresiunea Tadjică; *65*, Bazinul Indusului; *66*, Kașgarul de vest; *67*, Kuciarul; *67*, Turfanul; *69*, Djungaria; *70*, Pre-Mau-Sau; *71*, Bazinul Sen-Sî; *72*, Bazinul Sî-Ciu-An; *73*, Bazinul Bengal; *74*, Birmania (Bazinul Yenangvat), *75*, Sumatra de nord; *76*, Bazinul Yeke; *77*, Insula Sahalin; *78*, Bazinul Hokkaido nordic; *79*, Bazinul Hokkaido central; *80*, Bazinul Hokkaido sudic; *81*, Bazinul Honșin; *82*, Insula Taiwan; *83*, Bazinul Brunei; *84*, Insulele Tarakan; *85*; Bazinul Irak (Sumatera de est); *86*, Sumatera de sud; *78*, Insula Java; *88*, Bazinul Balicpapan (Kalimantan); *89*, Insula Noua Guinee; *90*, Aus-

purtătoare de hidrocarburi. Menționăm structurile petrolifere ale Golfului Mexic, cele din Marea Antilelor, din Venezuela, cele din apropierea lanțurilor muntoase Carpați — Caucaz și Orientul Mijlociu, din Indonezia, apoi din Algeria—Libia—Egipt.

Dar zăcăminte gigantice de hidrocarburi se găsesc și în alte regiuni geografice, ca Alaska și Marea Nordului, formate tot la contactul uscatului cu marea. Ne vom referi și la zăcămintele formate în stratele mai noi, de origine marină, care acoperă vechile platforme continentale și în cuprinsul cărora s-au format și se găsesc bogate zăcăminte de petrol și gaze naturale. Aceste platforme continentale au fost acoperite de ape marine, de adîncime mijlocie (mări epicontinentale) în care s-a depus nisip și mîluri care au dat strate de nisipuri și gresii, de marne și argile. Avînd în vedere uniformitatea depozitelor formate, pe grosimi de sute și mii de metri, trebuie să admitem că asemenea regiuni au fost angajate într-un lung proces de scufundare lentă (subsidență). În stratele depuse a fost înglobată o cantitate mare de materie organică, supusă — la rîndul ei — la procese de bituminizare. Cuvertura sedimentară a platformelor a fost supusă unor încrețiri, de formă larg ondulată, în cuprinsul cutelor creindu-se și capcanele pentru oprirea și acumularea hidrocarburilor în zăcăminte. Dintre acestea menționăm zăcămintele Canadei, unele cîmpuri petrolifere din S.U.A., cele de platformă (platforma Moesică) din România, cele din Ucraina, Siberia, și R. P. Chineză.

Depresiunile intramontane, posttectonice, încă oferă structuri favorabile pentru formarea și acumularea hidrocarburilor, ca exemplu Depresiunea Transilvaniei, în cuprinsul căreia se găsesc bogate zăcăminte de gaze naturale. Bazinul intermontan al Transilvaniei a fost invadat de ape marine la sfîrșitul erei mezozoice, în urmă cu aproximativ 60 milioane de ani. În tot timpul erei neozoice, sub greutatea sedimentelor depuse, fundamentul acestui bazin (depresiuni) s-a adîncit mereu, înleznind depunerea altor sedimente bogate în materie organică.

Mișcările tectonice din interiorul depresiunii precum și tensiunile din coroana de munți care o înconjoară au contribuit la scoaterea sedimentelor din poziția lor inițială (orizontală) și așezarea lor în cupole largi, cele din centrul adăpostind bogăția de gaze naturale.

Din cele menționate anterior, rezultă că hidrocarburile provin din materia organică a viețuitoarelor care au populat mările și apele dulci din trecutul Pământului.

Cantitatea cea mai mare a acestei materii a fost dată de viețuitoarele mici, microscopice — plante și animale — care au trăit în trecut și din neamul cărora trăiesc și în prezent în pătura de suprafață a apelor, unde constituie o întinsă biocenoză numită *plancton*. Pe fundul apelor se dezvoltă o altă biocenoză, *bentonul* (bentos) alcătuită din plante de talie mai mare și din animale libere și fixate.

Animalele cu mișcare liberă la suprafață și pe o anumită adîncime alcătuiesc *nectonul*.

În plancton domină viețuitoarele din neamul plantelor unicelulare — mai rar pluricelulare — alge și diatomee, care avînd lumină suficientă și pigment clorofilian constituie o formidabilă uzină de preparare a materiei organice. Planctonul apelor dulci și sărate poate fi comparat cu o întinsă pășune din care se alimentează toate viețuitoarele acvatice.

Algele planctonice din mări și oceane produc 75% din oxigenul total rezultat prin fotosinteză, plantelor de uscat revenindu-le numai 25% din oxigenul liber al Pământului.

La suprafața apelor dulci și marine se dezvoltă *neustonul* în care trăiesc insecte de apă și larvele acestora împreună cu spori, gameți etc.

În afara fitoplanctonului, reprezentat prin plante inferioare, se dezvoltă zooplanctonul, reprezentat prin animale: protozoare, nevertebrate inferioare pelagice (lipsite de organe de mișcare), zoospori, ouă, larve.

Deosebit de bogat în plante și animale este bentonul dezvoltat pe întinderea zonei litorale. Balech (1968), Ryley și, Chester (1971) au descris un benton bogat în alge ca *Macrosystis*, care alcătuiesc adevărate preerii pe toată zona litorală, în lunile de vară, din Antarctica. La fel de bogat este bentonul din bordura Groenlandei, Țării lui Baffin, Islandei, Spitsbergului, Norvegiei și Laponiei.

O dezvoltare bogată are planctonul și bentonul în mările continentale puțin adînci (sub 30 m), supuse unor procese lente de transgresiune. Christopher și colab. (1968)

au descris o adevărată turbărie, care se dezvoltă în prezent pe marginea lagunei Khor el Razan din Abu Dhabi (Golful Persic). Turbăria se prezintă sub forma unor plaje algale submerse care pot atinge lungimea de 40 km, pe o lățime medie de 2 km și o grosime de 30 cm.

Astfel de unități biologice au existat și în trecutul Pămîntului, iar acumulările de petrol de la baza paleozoicului, cretacicului și a terțiarului sînt corelate cu întinderea maximă a acelor mări, cu dezvoltarea maximă a fitoplanctonului și a fitobentonului (H. Topan A. Loeblich, 1971). Dezvoltarea vieții a fost favorizată de ape bine aerisite și bine luminate, în care apele de pe uscat au adus și oligoelementele și sărurile nutritive care au îmbunătățit procesele biochimice.

Au fost urmărite procesele biologice și biochimice din lacurile și sapropelul apelor dulci din Africa și America. Stratul de sapropel, în grosime de 30—40 cm depus în 1 000 de ani, este format mai ales din resturi de alge, degradat parțial la începutul depunerii, apoi păstrat în continuare nealterat. S-a tras concluzia că algele secretă unele substanțe toxice (polifenoli) care ucid microorganismele saprofite patogene și formele larvare care ar degrada sapropelul.

Cu toate aceste mecanisme de apărare a planctonului și a sapropelului, se apreciază că numai 4% din materialul organic, de origine fotosintetică și autohtonă este conservată în sedimente (*W. Denser*, 1971).

În apele lacurilor actuale domină *Chlorophyceaele*, reprezentate prin *Botryocuccus brounii*. Acestea au dat și „șisturile cu Kerosene" din Australia, torbanitul din Scoția, kukersitul din Estonia etc. Tot în asemenea condiții se presupune formarea cărbunilor sapropelici de tip „Cannelcoal" și a șisturilor de Green River.

Din substanța algală, care participă la formarea hidrocarburilor, cea mai mare valoare o au lipidele, iar dintre acestea acizii grași, a căror formare este favorizată și de temperaturile mai joase ale unor mări reci. Aceste substanțe au și un conținut scăzut de oxigen. *J. Broocks* (1971) crede că sporopoleina ar fi „substanța mamă", prin excelență, a hidrocarburilor. De menționat că nu numai grăsimile de origine vegetală contribuie la formarea hidrocarburilor, ci și cele de origine animală.

În masa sapropelitelor apare kerogenul rezultat prin decarboxilarea acizilor grași, esterilor și cetonelor, prin polimerizarea lanțurilor nesaturate și formarea unor molecule mari, bogate în C și H, sărace în oxigen.

Amplele procese biologice și chimice din sapropelite continuă în funcție de influența temperaturii, care desface și simplifică kerogenul pînă la formarea hidrocarburilor (diageneza termică). Transformarea kerogenului în hidrocarburi nu a fost îndeajuns clarificată. Nu este acceptată de către toți cercetătorii ideea că temperatura indicată de treapta geotermică ar determina singură formarea hidrocarburilor ci, o dată cu acest factor, intervin: categoria microvegetală, detritusul sporogen și de țesuturi libero-lemnoase aduse de pe uscat, indicele de metamorfism din diferitele formațiuni și unități geologice cu potențial petrolifer pozitiv (N. Balteș, 1980), cum și alți factori cu rol catalitic.

Alte ipoteze cu privire la formarea și acumularea hidrocarburilor

Unii cercetători sovietici reiau vechea teorie anorganică referitoare la formarea hidrocarburilor. N. A. Kudreavțev (1956) leagă formarea hidrocarburilor de reacția dintre carburile metalice și apă, în mantaua terestră, în trecutul îndepărtat al Pămîntului. N. S. Beskrovnîi a descris zăcăminte de hidrocarburi în structuri vulcanice și în roci cristaline, departe de roci sedimentare. Le atribuie unor procese de diferențiere magmatică, în cadrul căreia, în faza hidrotermală și de erupția vulcanică, se eliberează și hidrocarburi. Alți cercetători (I. A. Petersilie, E. D. Andreev, E. V. Svesnikova 1965) se referă la anumite substanțe organice întîlnite în unele roci magmatice din Siberia, în care carbonul și oxizii de carbon au fost reduși de hidrogen sau de apă.

V. V. Kesarev (1967) reia ipoteza formării hidrocarburilor prin reacția dintre carburile metalice și apă, procese cu o largă desfășurare în mantaua terestră. Susține că rezervele de hidrocarburi formate în manta sînt mult mai mari decît cele din formațiunile exogene, sedimentare. Se bazează și pe prezența unui conținut cărbunos-bituminos din unii meteoriți.

Este posibilă formarea hidrocarburilor și pe căile descrise mai sus. Că în exhalațiile vulcanice se găsesc și hidrocarburi nu încape îndoială. Dar nu cunoaștem zăcăminte exploatabile de hidrocarburi de origine anorganică. Rămîne valabilă concepția originii organice a hidrocarburilor, la care aderă cei mai mulți oameni de știință. Toate zăcămintele în exploatare sînt legate de sedimente, după care este dedus locul lor de formare, iar sursa este cea organică, dată de sapropelite și verificată experimental.

Vechimea zăcămintelor de hidrocarburi

Cele mai vechi zăcăminte de hidrocarburi sînt legate de formațiunile proterozoice și paleozoice. Sedimentele marine antepaleozoice au avut un bogat conținut organic, legat de formele inferioare de viețuitoare (plante și animale) care au populat mările în acel timp. Viața în apă a continuat în tot timpul pînă în zilele noastre, fără întrerupere. Bogăția în forme de viață a cunoscut însă perioade mai bogate sau mai sărace cu o participare inegală de materie organică. Procesul de bituminizare a fost continuu, acumularea hidrocarburilor fiind cantonată în capcane etanșe, constituite în zone mai mult sau mai puțin dislocate, reținerea hidrocarburilor fiind făcută în roci poroase, argile, marne, gresii, nisipuri, calcare. Zăcămintele de hidrocarburi apar în formațiuni aparținătoare tuturor perioadelor geologice, din proterozoic pînă în pleistocen.

Bituminizarea continuă și în zilele noastre și menține alimentarea lentă cu hidrocarburi a capcanelor existente și a celor în curs de formare.

Aproximativ jumătate din zăcămintele de hidrocarburi sînt cuprinse în formațiuni de vîrstă mezozoică, o cincime în formațiuni neozoice (cainozoice), 15—17% în formațiuni paleozoice și proterozoice (Kuznețov, Modelevsky, 1970).

În subsolul României mai mult de jumătate din zăcămintele de hidrocarburi se găsesc în formațiuni terțiare (neozoice) urmate de cele în formațiuni mezozoice, mai puțin în formațiuni paleozoice.

Hidrocarburile se găsesc începînd de la suprafața terestră pînă la adîncimi de mai multe mii de metri. Gazul bălților, metanul, se degajează din nămolul cu conținut organic (sapropel) care se găsește în mlaștini, în lacuri și în lagunele de concentrare.

Zăcăminte de asfalt se găsesc în zona de suprafață, șisturi bituminoase și nisipuri bituminifere încep a fi exploatate la zi. Zăcăminte subterane de mică adîncime se cunosc în Java, la adîncimi de 90 pînă la 1 000 m, în Sumatera, la adîncimi de 500—1 280 metri.

Unele zăcăminte, aproape de suprafață în prezent, au fost aduse spre exterior prin procese tectonice, formațiunile acoperitoare fiind apoi înlăturate prin eroziune.

În general, în zonele petro-gazeifere, țițeiul este predominant pînă la adîncimea de 3 000—3 500 m. Urmează o zonă sub 3 500—4 000 m în care țițeiul și gazele sînt prezente în cantități optime în ce privește proporția structurilor purtătoare. În adîncime, sînt mai frecvente structurile purtătoare de gaze, cele petrolifere fiind subordonate. Adîncimea cea mai mare de la care s-a extras petrol este de 6 783 m, în S.U.A. Tot în Statele Unite, în Depresiunea Andarco, o sondă a intrat într-un zăcămînt de gaze la adîncimea de 7 900 m.

Sonda „Rogers-1", în S.U.A., a atins adîncimea de 9 600 m, fără însă a avea un rezultat economic. A fost o sondă structurală, pentru a se cunoaște succesiunea formațiunilor geologice în adîncime. Se presupune că hidrocarburi ar putea fi găsite și pînă la adîncimea de 10 000 m, însă numai sub forma gazelor naturale.

La adîncimi mari, temperatura corespunzătoare treptei geotermice a produs transformarea hidrocarburilor lichide și solide în gaze naturale (hidrocarburi gazoase). În unele structuri geologice intervin și intruziuni magmatice, „cuptoare" fierbinți care influențează și grăbesc bituminizarea și apoi distilarea pînă la gaze naturale a materiei organice din formațiunile care o conțin.

Zăcămintele de hidrocarburi vor fi căutate în viitor în zonele adînci ale scoarței, ceea ce va ridica mult costul producției.

Răspîndirea zăcămintelor de petrol și gaze

Prezența acumulărilor de hidrocarburi în scoarța terestră este legată de structuri geologice, de tipul depresiunilor cu o durată lungă de funcționare geologică în care condiția principală de formare și de păstrare a hidrocarburilor este scufundarea lentă și prelungită a sedimentelor cu conținut organic și acoperirea acestora cu o cuvertură impermeabilă sau slab permeabilă. Dar scufundarea nu trebuie să ducă la o creștere prea mare a presiunii și temperaturii, pentru a nu fi distruse hidrocarburile formate.

Cînd se studiază distribuția acumulărilor de hidrocarburi este obligatoriu să se cunoască: condițiile paleogeografice, tectonice, litologice și stratigrafice în mod detaliat, acestea fiind criteriile după care se pot face aprecieri asupra perspectivelor pe care le pot oferi regiunile petrolifere.

Cunoașterea condițiilor menționate se face prin ridicări geologice și geofizice, verificate apoi prin foraje de referință, structurale și prin foraje pentru conturarea zăcămintelor.

După răspîndirea acumulărilor de hidrocarburi pe suprafața terestră, apar două regiuni foarte bogate, care au primit denumirea de poli ai petrolului, aceasta la actualul nivel de cunoaștere:

— un pol în sudul și sud-estul platformei eurasiatice, în regiunea cuprinsă între Caucaz, Golful Persic și nordul Africii;

— al doilea pol în sudul platformei nord-americane, peste Golful Mexic, Marea Caraibilor și nordul Americii de Sud.

În cele ce urmează se va face o descriere sumară a zăcămintelor de hidrocarburi, după marile structuri geologice continentale.

Europa. Zăcămintele de petrol și gaze ale Europei sînt cuprinse în următoarele bazine: Scoțian, Vest-Englez, Nord-European, Thuringian, al Rinului, al Rhônului, Parizan, Aquitan, al Peninsulei Iberice, Europa Centrală, Vienez-Morav, Adriatic, Sicilian, Panonic, Transilvan, Nord-Precarpatic, Precarpatic-Balcanic, Tracic, Tessalic (după *C. Beca, I. Vîsoțki,* 1968). Bazinele men-

ționate sînt legate de mari structuri geologice (de platformă, premontane și intramontane). Depozitele care umplu bazinele sînt de vîrstă diferită, la fel depozitele de care este legată capacitatea petro-gazeiferă.

Bazinele de platformă sînt umplute cu depozite paleozoice, mezozoice și neozoice, dar capacitatea petro-gazeiferă este legată numai de formațiuni paleozoice și mezozoice. Bazinele premontane și intramontane sînt umplute mai puțin cu depozite paleozoice, mai mult cu cele de vîrstă mezozoică și neozoică. Formațiunile producătoare de hidrocarburi sînt de vîrstă mezozoică și neozoică pentru bazinele premontane și de vîrstă mezozoică pentru cele intramontane.

Vom reda, în cele ce urmează, bogăția în hidrocarburi a țărilor europene, ținînd seama de ordinea în care au fost menționate bazinele petro-gazeifere.

Marea Britanie. Pe teritoriul Marii Britanii sînt amplasate bazinele: Scoțian și al Mării Nordului, partea vestică a celui Anglo-Parizian (de platformă) și vest-englez (intramontan). Formațiunile producătoare sînt de vîrstă paleozoică (carboniferă) în Scoția și în Marea Nordului. În regiunea East Midland petrolul este legat de formațiuni carbonifere permiene, triasice și jurasice (platformă), la adîncimi cuprinse între 270—2 250 m.

Marea Britanie a descoperit mari zăcăminte de hidrocarburi în platforma continentală a Mării Nordului, în ultimul deceniu. În Marea Nordului au fost identificate importante structuri petro-gazeifere, în apele teritoriale ale țărilor limitrofe, cum și în largul mării. Menționăm zăcămîntul din zona centrală a Mării Nordului, și zăcămîntul Frigg, la 200 km depărtare de insula Shetland. Are o rezervă de aproximativ 220 mld. m^3 gaze.

Producția de țiței de 83 000 t în 1970 a ajuns la 121,23 mil.t. în 1984 și este în creștere. Producția de gaze naturale de 11,2 mld. m^3 în 1970 a ajuns la 56,57 mld. m^3 în 1984, situînd Marea Britanie pe locul 6 în producția mondială de petrol și pe locul 5 în cea a gazelor naturale.

Franța dispune de trei regiuni petrolifere și gazeifere: bazinul Parizian; bazinul Rhônului, în sudul țării și bazinul Aquitan în vest, în apropiere de golful Gascogne. Bazinul Parizian cuprinde două zone petrolifere: una la est de Paris și alta în nord-estul țării, în apropiere de granița cu R. F. Germania.

Fig. 14. Zăcăminte de gaze naturale în Marea Nordului.

Producția de țiței a Franței este foarte scăzută față de nevoile ei industriale și energetice. Din această cauză face importuri de țiței din Regiunea Golfului și din Africa. O mare cantitate de țiței importat este transformat în benzină. Producția de benzină în 1970 a fost de 14,203 mil.t și a crescut la 17,857 mil.t în 1974, ajungînd apoi la 16,850 mil.t în 1982.

Producția de gaze naturale a Franței a crescut de la 6,8 mld. m^3 în 1970, 11,31 mld. m^3 în 1983. Cercetări încurajatoare se fac pe platforma continentală a golfului Biscaya și pe coastele Mediteranei.

Hidrocarburile Franței sînt legate de formațiuni mezozoice și paleogene.

Olanda. Structurile geologice purtătoare de hidrocarburi sînt: o regiune în vest, cu petrol și gaze în care se exploatează atît de pe uscat, cît și din zona de platformă a Mării Nordului; o regiune în nord, în apropiere de coastă, producătoare de gaze, în estul acesteia fiind zăcăminte de petrol și de gaze.

Efortul Olandei pentru cercetarea structurilor petrolifere este remarcabil, fiind cea dintîi țară din vestul Europei care a exploatat rezerve pe coasta Mării Nordului, fiind urmată apoi de R. F. Germană, Marea Britanie, Norvegia, Suedia.

Producția de petrol a Olandei, deși a crescut în ultimele decenii, totuși nu a atins cote ridicate. În schimb, producția de gaze naturale a crescut de la 31,6 mld. m^3 în 1970 la 97,3 mld. m^3 în 1976, la 75,3 mld. m^3 în 1981, 68,35 mld. m^3 în 1983, situîndu-se pe locul 4 între țările producătoare de gaze naturale.

Norvegia. În urma cercetărilor efectuate pe platforma Mării Nordului, Norvegia, care nu a avut anterior exploatări de petrol, a ajuns în 1979 la o producție de 14 mil.t, la 37,80 mil.t în 1984. Au fost identificate recent (1982) zăcămintele gazeifere de la Stattfjord, Heimdal și Gulifaks.

Cercetările pentru identificarea de noi zăcăminte continuă.

Suedia s-a angajat în cercetări pentru identificarea acumulărilor de petrol și gaze. Pînă în 1979 nu apare cu producție de hidrocarburi. Structuri promițătoare oferă platforma Mării Baltice în partea de sud și de est, spre insula Gotland.

R. F. Germania dispune de zăcăminte de hidrocarburi în regiunea dintre Elba și Ems, în depresiunile: Heide, Kiel și Hamburg, în formațiuni paleozoice și mezozoice; regiunea Saxonia inferioară, la vest de Ems pînă la Weser, cea mai bogată, în formațiuni mezozoice; bazinul superior al Rinului; Bavaria, în regiunea Alpilor.

Producția de petrol a acestei țări a ajuns în 1983 la 4,116 mil.t. Producția de gaze naturale a crescut de la 13 mld. m^3 în 1970 la 27,4 mld. m^3 în 1984.

Polonia, țară importatoare de hidrocarburi, prospectează noi zone în Bazinul nord-precarpatic pentru a-și

spori producția. Producția de gaze naturale a Poloniei a crescut de la 5,2 mld. m^3 în 1970, la 6,07 mld. m^3 în 1984. Cea de petrol se cifra la 252 mii t.

Cehoslovacia dispune de slabe resurse proprii de hidrocarburi în bazinul Vienez-Morav, în regiunea Bratislava și la Gbely, în Moravia și zona Kosice.

Austria dispune de zăcăminte de hidrocarburi, situate în partea nordică a țării în apropierea localităților Ganserdorf și Muhlberg; în nord-estul țării, lîngă Zisterdorf; în vest, în zona Steinberg, zăcăminte cuprinse în formațiuni mezozoice, paleogene și neogene. În 1984 producția de petrol a fost de 1,2 mil.t, iar cea de gaze de 1,1 mld. m^3.

Ungaria este situată în Bazinul Panonic, format la sfîrșitul mezozoicului, prin scufundarea unui teritoriu accidentat. Formațiunile geologice purtătoare de hidrocarburi sînt de vîrstă paleozoică pînă la miocen. Regiunile petro-gazeifere sînt: un aliniament pe direcția NE—SV, la vest de Dunăre și la nord de lacul Balaton; la nord de Budapesta se află un alt cîmp cu petrol și gazeifer în formațiuni de la paleozoic la miocen; în Cîmpia Tisei sînt petrol și gaze la Biharnagybaiom și numai cu gaze la Tótkomlós.

Producția de petrol a Ungariei a fost de 2 mil.t în 1984, iar cea de gaze naturale de 6,63 mld. m^3 în 1982. Ungaria importă hidrocarburi.

Din bazinul mediteranean, vom menționa cîteva structuri geologice purtătoare de hidrocarburi, care nu pot asigura țărilor respective sursele necesare industriei și energeticei.

Portugalia nu dispune de zăcăminte cunoscute de hidrocarburi. Au fost puse în evidență acumulări de asfalt la sud de Monte Real, de vîrstă triasică și la nord de Nuestra Senorra de la Victoria (de vîrsta cretacică). Iviri de petrol au fost puse în evidență în regiunea Torres Vedras.

Spania. Pe teritoriul Spaniei au fost identificate slabe iviri de petrol în bazinul fluviului Ebro, slabe rezerve de gaze în nord. Tot în nord au fost identificate și puse în exploatare, pentru nevoi locale, șisturi bituminoase, care pot constitui un obiectiv de producție industrială.

Spania a produs în 1983 peste 5,6 mil.t benzină, pe baza țițeiului importat.

Italia. Exploatarea țițeiului în Italia a început în 1932 și s-a intensificat după cel de-al doilea război mondial. Structurile petrolifere se găsesc în Bazinul Adriatic, în partea de la nord de fluviul Po, în regiunea Montechino-Gratera, Valezza, Parma, Medessana și Ozzano și conțin atît țiței, cît și gaze naturale în formațiuni neogene și chiar în cuaternar. Italia exploatează și zăcăminte de gaze naturale în partea de nord și de vest ca și în centrul și sud-estul insulei Sicilia.

După 1958 au fost descoperite noi structuri în Depresiunea Centrală și în Depresiunea Meridională, între Pescara și Taranta, precum și pe platforma Mării Adriatice, între Rimini și Gargano. Producția de petrol a Italiei este mult sub nevoile consumului intern (2,2 mil.t în 1983). În schimb producția de gaze o situează pe locu 14 între țările producătoare de gaze naturale (13,07 mld. m^3 în 1984 și aceasta în ușoară scădere).

Pentru consumul intern și pentru producția de benzină în creștere (15,586 mil. t în 1984), Italia face import masiv de țiței.

Iugoslavia dispune de zăcăminte petrolifere (petrol și gaze) în Voivodina, aparținînd structurii panonice. Formațiunile generatoare de hidrocarburi sînt de vîrsta paleozoică pînă în neogen. Zăcămintele de petrol din Croația sînt legate de formațiuni oligocene, miocene și pliocene (ponțian). Iviri de petrol se cunosc și pe coasta Dalmației.

Producția de petrol a Iugoslaviei a rămas la o cotă modestă. Producția de gaze este în creștere, fiind de 1,582 mld. m^3.

România. Zăcămintele de petrol și gaze naturale ale României se găsesc în structurile geologice, care vor fi analizate succint în cele ce urmează.

— Zona Flișului Carpaților Orientali. Este alcătuită din formațiuni geologice de vîrstă cretacică (subzona cretacică) și paleogenă (subzona flișului paleogen). Separarea în două zone a făcut-o G. Macovei (1927): zona internă, cretacică, și zona externă, paleogenă. La descifrarea tectonicii acestei unități au contribuit lucrările mai multor geologi (L. Mrazec, I. Popescu-Voitești, G. Ma-

covei, M. Filipescu, I. Băncilă, I. Atanasiu, G. Murgeanu, N. Grigoraș, I. Dumitrescu, Gr. Popescu, T. Joja, I. Pătruț ș.a.).

Zăcămintele petro-gazeifere din Moldova sînt acumulate în gresii oligocene și sînt protejate de structuri în pînze și cute-solzi. Astfel de acumulări se găsesc în zona Tazlău-Moinești, Berești, Modîrzan, Tisoasa, Zemeș, Tețcani-Stănești ș.a.

În zona Moinești există acumulări de petrol și în formațiuni eocene, ca și în sarmațian (Comănești).

— *Subzona flișului paleogen din Muntenia*, conține acumulări de hidrocarburi în gresia de Kliwa, de vîrstă oligocenă în structurile Copăceni—Gura Vitioarei, Bușteni—Runcu, Gura Drăgănesei ș.a.

— *Zona neogenă precarpatică* se întinde în fața și la exteriorul Carpaților Orientali și Meridionali, în structură geologică de avanfosă. Din punct de vedere geologic, este divizată în următoarele subzone: subzona miocenă din Moldova; subzona cutelor diapire sau miopliocenă din Muntenia; Depresiunea Getică în vestul Munteniei și Nordul Olteniei.

În subzona miocenă din Moldova se găsesc unele acumulări petro-gazeifere, de dimensiuni reduse, dispuse sub forma unor aliniamente pe direcția nord-sud la Cașin, Cîmpeni, Tețcani, în formațiuni helvețian inferior-burdigalian, și la Solonț—Stănești în oligocen.

Subzona cutelor diapire conține cele mai vechi și mai mari acumulări petro-gazeifere din România. Sînt localizate, în general, în nisipuri și gresii de vîrste diferite (oligocen, helvețian, sarmațian, meoțien, dacian și tomanian). Structura tectonică a sedimentelor este determinată de prezența masivelor de sare care străbat cuvertura miopliocenă sub forma de anticlinale diapire, afectate de falii și zone de zdrobire.

Oligocenul și helvețianul productiv apar în structurile: Runcu—Bușteni, Cîmpina—Gura Drăgănesei și Teiș, sarmațianul în facies productiv apare la Păcureți și Boldești. Meoțianul este productiv la Pogoanele, Păcureți, Făget, Copăceni, Runcu Sud, Cîmpina—Gura Drăgănesei, Colibași, Valea Rește—Doicești—Șotînga, Glodeni, Florești—Ochiuri, Ocnița, Berca, Urlați, Podeni,

Bucșani etc. Cele mai mari acumulări de petrol au fost în structurile Țintea—Băicoi și Moreni—Gura Ocniței.

În depozite daciene se găsesc acumulări petro-gazeifere la Moreni—Gura Ocniței și Băicoi—Țintea.

Romanianul conține acumulări de gaze la Boldești. Mărgineni, Aricești.

— *Depresiunea Getică* s-a dovedit o regiune petro-gazeiferă bogată, în urma cercetărilor asidue și complexe, după cel de-al doilea război mondial. Menționăm zăcămintele de la Șuța Seacă, Glîmbocel—Bogați—Ludești, Dragomirești, Galicea-Slătioarele, în formațiuni sarmațiene și meoțiene. In formațiuni helvețiene și meoțiene sînt cuprinse zăcămintele bogate de la Bîlteni și Țicleni, cele de la Grădiște, Hurezea, Zătreni, Bibești, Vîlcele, Drăganu, Merișani ș.a.

În cîmpul Bibești, prin foraje de mare adîncime, au fost puse în evidență acumulări de hidrocarburi la adîncimi de peste 4 000 m. Recent, o sondă depășind adîncimea de peste 5 000 m a intrat în producția de țiței.

Platforma Moesică s-a dovedit în ultimele decenii ca o unitate geologică bogată în hidrocarburi.

Fundamentul platformei este constituit din șisturi cristaline în vest și din șisturi verzi în est, peste care s-au depus sedimente variate cu un caracter litofacial predominant lagunar, începînd de la baza paleozoicului pînă în cuaternar, marcînd numeroase lagune stratigrafice. De-a lungul unor falii crustale, au fost puse în loc mai multe intruziuni magmatice de tip granit-gabrou, de forme, mărimi și la adîncimi diferite. Asemenea intruziuni au fost identificate prin prospecțiuni geofizice (gravimetrie, magnetometrie) în zonele: Plenița, Craiova—Balș—Slatina—Costești—Miroși, Videle—Giurgiu, Lehliu—Fetești. Prin căldura lor au influențat transformarea substanței organice din sedimente în hidrocarburi, precum și migrarea acestora în zăcămintele în care se găsesc.

Depozitele sedimentare care acoperă fundamentul platformei aparțin paleozoicului, mezozoicului și neozoicului. Rocile posibil generatoare de hidrocarburi sînt: seria argilo-șistoasă, din silurian și presilurian, complexul dolomitic-evaporitic din devonian; seria carbonatată a triasicului mediu, Complexul marnocalcaros din cretacic și orizonturile pelitice din badenian, sarmațian și meo-

țian. Rocile colectoare sînt: nisipuri, argile și gresii, calcare fisurate și vacuolare, de vîrstă devoniană pînă la cele pliocene.

Cercetările geofizice de detaliu și cercetare prin foraje au pus în evidență 125—130 de zăcăminte, cele mai multe fiind puse în exploatare.

Menționăm cîteva dintre acumulările de hidrocarburi din Platforma Moesică:

— între Jiu și Olteț; Craiova, Sîmnic, Gherești, Feurești, Brădești, Iancu Jianu, Ghercești;

— între Olteț și Teleorman: Balș, Optași, Oporelu, Spineni, Giurești, Bîrla, Căldăraru, Tufeni, Gliganu, Rîca;

— între Teleorman și Argeș, la est de Costești și la nord de Slobozia: Hertești, Dumbrăveni, Glogoveanu, Ștefan cel Mare, Vultureanca, Dumbrava, Petrești, la sud de Slobozia Preajba, Cartojani, Șopîrlești, Bacea, Talpa, Bălăria, Videle—Blejești, Bragadiru, Grădinaru, Bălăceanca, Cozieni, Cățelu; la est de Urziceni (Ialomița); Ileana, Colelia, Orezu.

Cercetările geologice și geofizice, cum și prin foraje, continuă pentru noi detalieri ale structurilor identificate și pentru noi zone promițătoare. În cadrul acestei unități apare și cercetarea prin cele două platforme sub apa Mării Negre.

Platforma Moldovească este o continuare a Platformei Podolice. Înspre vest se afundă sub depozitele Depresiunii Precarpatice, iar la sud se afundă sub Depresiunea Bîrladului.

În succesiunea stratigrafică au fost identificate formațiuni care aparțin paleozoicului inferior, cretacicului, miocenului și pliocenului. Din punct de vedere tectonic, este o platformă afectată de mai multe falii care îi imprimă o cădere în trepte înspre sud și sud-vest.

Cercetarea geologică a pus în evidență unele indicii favorabile acumulărilor petro-gazeifere. Zăcăminte de hidrocarburi se cunosc și de-a lungul marginei de vest a Platformei Moldovenești în zona acoperită de pînzele flișului Carpaților Orientali, la Vama, Frasin, Tazlăul Mare, Frumoasa, Cîmpeni, Cașin, Cîmpuri.

Depresiunea Bîrladului are un fundament alcătuit din roci cristaline precambriene, acoperite cu sedimente de vîrstă mezozoică (triasic, jurasic, cretacic), miocenă și

pliocenă, cu o afundare de la est către vest. Coloana sedimentară este străbătută de intruziuni magmatice pe o direcție N—S.

Cercetările geologice, geofizice și prin foraj au pus în evidență cîteva zăcăminte de hidrocarburi la Pechea, Frumușița, Independența, Șuraia, Matca ș.a.

Bazinul Transilvaniei conține cele mai bogate acumulări de gaze naturale din România, localizate în seriile nisipoase ale badenianului, buglovianului și sarmațianului. Ca formă tectonică, sedimentele bazinului apar ca domuri largi izolate și totuși grupate mai multe la un loc. În general, domurile gazeifere se găsesc în centrul Transilvaniei la Saroș, Bazna, Cetatea de Baltă, Copșa Mică, Daia, Noul Săsesc, Șincai; Bogata de Mureș, Sărmășel etc.

Bazinul Maramureș conține sedimente din cretacicul superior, eocen, oligocen, tortonian, sarmațian și pliocen. Au fost identificate slabe acumulări de petrol, sub slabă presiune, la Săcel. Nu se exploatează.

Depresiunea Panonică reprezintă continuarea spre est, pe teritoriul țării noastre, a Bazinului Panonic. Formațiunile geologice aparțin cretacicului, oligocenului, miocenului și panonianului. Au fost puse în evidență acumulări petro-gazeifere la Teremia Mare, Sandra, Calacea—Satchinez jud. Timiș, Variaș, Sînmartin, la Turnu Sîntana în județul Arad; la Borș, Suplacu de Barcău, Moftinu Pișcolț, Cocaia, Derna, Curturiseni, Abrămuț, Mădăraș și Bihor.

Zăcămîntul de la Suplacu de Barcău conține un țiței vîscos. Este situat la mică adîncime. Calitatea țițeiului și condițiile de zăcămînt duc la o valorificare eficientă.

Exploatarea petrolului în România s-a extins, în general, la adîncimi pînă la 3 000 metri. Cercetările geologice, geofizice și forajele de referință aduc date încurajatoare pentru identificarea unor acumulări petro-gazeifere la mare și foarte mare adîncime. În acest scop, cercetarea nivelelor adînci a început și își urmează cursul în mai multe zone.

Producția de petrol a României a fost de 11,452 mil. t în 1985, iar producția de gaz metan utilizabil inclusiv gaze de sondă, 33,3 mld. m^3.

Uniunea Sovietică. Această țară dispune de rezerve impresionante de hidrocarburi, în structuri geologice dispersate în multe regiuni. Un front larg de acumulări petro-gazeifere începe în vestul țării în Bazinul bielorus (baltic) și Nord-Precarpatic, continuînd spre est cu bazinele: Nord-European, Nord—Marea Neagră, Azov-Kuban, Caspic Mijlociu, Nord și Sud-Caspic, și continuînd cu cele din Siberia, încă insuficient.

În partea europeană a Uniunii Sovietice menționăm următoarele bazine petro-gazeifere:

Bazinul Mării Negre cuprinde partea de nord a Mării Negre și Crimeea, regiunea de la nord-est (Azov-Kuban) și estul Mării Negre. Acumulările petro-gazeifere se găsesc în formațiuni grezoase și argiloase, cretacice și în calcare paleogene (Maikop) și în nisipuri.

Regiunea Marea Azov-Kuban este o depresiune premontană formată din depozite cretacice, acumulările de hidrocarburi fiind localizate în formațiuni paleogene și neogene. În vecinătatea acestei regiuni sînt zonele Maikop cu acumulări de petrol în formațiuni cretacice (inf.) și acumulările de petrol și gaze de la Kerci.

La est de Marea Neagră sînt zăcămintele din Gruzia de vest, localizate în gresii sarmatice.

Depresiunea Precarpatică, formată în avanfosa carpatică, este o scufundătură premontană cu depozite sedimentare de vîrstă mezozoic-neogenă. Structurile petrolifere sînt situate în regiunile Borislav, Bîtkov, Dolina, Shodnița ș.a. Structuri gazeifere se găsesc în Ughersk, Bilce-Volița, Rudki, Kosov ș.a.

Bazinul Nord-European, cu Depresiunea Bielorusă-Lituaniană, Lvov, cuprinde depozite de vîrstă paleozoic-paleogenă și prezintă perspective petro-gazeifere.

Bazinul Bielorus-Ucrainian, cu o structură de platformă veche tectonizată local, cu substructuri de forma grabene și horsturi. Este format din depozite de la Precambrian la Jurasic. Formațiunile productive încep cu Devonianul pînă în Jurasic. Producții de petrol și gaze se găsesc în structurile Șebelinsk (cu enorme rezerve de gaze), Spivakovsk, Radcenk, Kaceanov, Sagaidak, Depresiunea Nejin, Depresiunea Talalakovsk, zona Cintovok, zona Mihailovsk—Zacepitovsk ș.a. Zonele de acumulare de petrol și gaze se găsesc pe o fîșie cu direcția NV—SE,

începînd de la Mozîr și pînă la Artemovsk în zona Harkov.

Bazinul Caspic cuprinde zăcămintele din jurul Mării Caspice, repartizate în: Depresiunea Kura, cu zăcăminte în depozite cretacice și sarmațian (Baku—Apșeron); Depresiunea Turkmeniei de vest și regiunea de nord a Mării Caspice, pînă în zona Volga-Ural, cu hidrocarburi în formațiuni paleozoice (devonian, carbonifer, permian) și mezozoice, legate și de prezența unor domuri de sare, precum și de depozite de vîrstă terțiară.

Zone și structuri bogate în hidrocarburi sînt: Kazahstanul de Vest, Astrahan, Volgograd, Ureni—Irghiz, structurile Romaskin, Spakov, Bolsekielsk, Samarkin.

Bazinul Caspic Mijlociu este productiv în regiunea Stavropol (gaze), în regiunea Prikumskaia (petrol și gaze), în structura lanțului muntos Karpinsk. În partea sudică a bazinului Caspic prezintă importanță petro-gazeiferă Depresiunea Kura cu mai multe structuri: Nafte—Ceala (petrol și gaze), Kura—Dag (petrol și gaze), Kobistan, Konsk, Baku—Apșeron, brahianticlinalul Neftianîi Kami, brahianticlinalele scufundate, la est de Apșeron: Kalinsk și Maștaghi—Buznin, cu mari structuri petrolifere. Tot aici se găsește regiunea Turkmenia de Vest, cu structurile petrolifere de la Pre-Balhan, Kortur—Tepe și Nadjim Kuli. În platoul Usti—Urt, la est de Marea Caspică s-a conturat un zăcămînt de gaze, cu rezerve de 46,5 mii de miliarde m^3. Bazinul este unul dintre cele mai bogate.

Bazinul Timan—Peciora, în partea de nord-est a Platformei Ruse. Conține depozite paleozoice și mezozoice. Este productiv în apropiere de regiunea Timan; în structură Ijevsk cu Depresiunile Peciora și în lanțul muntos Peciora. Bazinul este considerat ca mare perspectivă în viitor.

În partea asiatică a Uniunii Sovietice o importanță economică remarcabilă au bazinele menționate în cele ce urmează.

Bazinul Kara-Kum. Este situat la est de Marea Caspică și cuprinde în mare, o zonă de scufundare între aliniamentul Alpino—Himalayan și Munții Tian-Șan. Bazinul are un fundament reprezentat printr-un complex her-

cinic cutat. Peste acesta se găsesc depozite mezozoice (jurasice, cretacice), paleogene și neogene.

În producție se găsește structura Buhara, unde se exploatează gaze și petrol la Gazli și în alte localități din apropiere, apoi în zonele Murabek și Karabir. Regiuni de perspectivă sînt: zona centrală Kara-Kum, regiunile: Turkmenia de Est, Kara-Kum de nord, Kara-Kum de sud și regiunea Pre-Kopet-Dagh.

În R. S. S. Uzbekă, din Asia Centrală, a fost descoperit un mare zăcămînt de gaze, la Zavarda.

Bazinul Tadjik, în bazinul superior al fluviului Amu-Daria, este alcătuit din depozite paleozoice, mezozoice și paleogene. Cuprinde cîteva structuri care pot fi considerate ca petro-gazeifere: Surhăn Daria, Vaș-Iavan, Kuleab, Kafirnigan, Hissarul de sud-vest și regiunea Hanabab.

Bazinul Fergana, un bazin intramontan preterțiar, situat în lungul rîurilor Sîr-Daria și Kara-Daria. Bazinul este umplut cu sedimente paleozoice, mezozoice și cainozoice avînd rama alcătuită din munți preterțiari.

Este productiv în regiunea Fergana de Sud, avînd mai multe acumulări de petrol oprite în formațiuni pliocene, ca zăcăminte secundare.

De perspectivă este și regiunea Narîm, din nord.

Bazinul Vest-Siberian se întinde la est de Ural pînă în valea fluviului Enisei. Cuprinde valea fluviului Obi și a rîurilor Taz și Irtîș. Este un bazin de platformă, cu fundamentul format din roci precambriene și paleozoice, acoperit cu depozite mezozoice și neozoice. Depozitele mezozoice cuprind acumulări de petrol și gaze.

Se deosebesc două regiuni productive: Regiunea Ural și Regiunea centrală. Regiunea Ural are două raioane productive: raionul Sosvin de nord, cu 18 structuri gazeifere, și raionul Kondin, cu cinci structuri petrolifere.

În Regiunea centrală au fost delimitate patru raioane productive: Varta inferioară, Obi, Alexandrovsk și Parabela. Structuri petrolifere cu mare debit sînt: Meghion și Ust-Balik. Între structurile gazeifere se menționează Ohteuriev. Ca structură purtătoare de condensat este Ust-Silghin. În nordul bazinului se găsește structura Tarov, bogată în gaze.

Au fost descifrate peste zece mari structuri cu 44 cîmpuri petrolifere și peste 30 structuri cu 30 cîmpuri

gazeifere. Între acestea menționăm structurile Purpeovskoie, Novo-Portovskoie, Tazonovskoie în bazinul inferior al fluviului Obi, în regiunea de tundră. Prima sondă în zona Tiumen a intrat în unul dintre cele mai bogate zăcăminte gazeifere din lume. Este bazinul cu cele mai mari perspective în producția petro-gazeiferă a Uniunii Sovietice. Se apreciază că acest bazin conține 1/3 din rezervele petro-gazeifere ale U.R.S.S.

S-a prevăzut ca extracția de petrol din Siberia de vest să atingă 385—395 mil. t în 1985, față de extracția totală a U.R.S.S., preconizată la 620—645 mil. t.

Prevederile privind extracția de hidrocarburi la nivelul anului 1990 sînt de 500 mil. t petrol și 500 miliarde m^3 gaze naturale.

Bazinul Ohotsk este situat în partea de răsărit a Siberiei și cuprinde: vestul peninsulei Kamceatka, Marea Ohotsk și insula Sahalin. Formațiunile petrolifere sînt de vîrstă cretacică, paleogenă și neogenă.

În Sahalinul de nord este productivă seria nisipos-grezoasă, miocenică, de la Okobîka. Sahalinul de nord este principala regiune petro-gazeiferă a bazinului. Regiunea Kamceatka de vest este considerată ca o posibilă regiune productivă.

Cercetările geologice din ultimul deceniu, în regiunile arctice, au pus în evidență structuri cu rezerve posibile de o mare perspectivă. Au fost prospectate mai multe zeci de zăcăminte gazeifere, cu o rezervă apreciată la peste 12 mld. m^3. Zăcăminte valoroase au fost descoperite în depresiunea Anadîr și în continuare pînă în peninsula Ciukotka. Zăcămintele se întind pe distanțe de zeci de kilometri.

Pe baza datelor existente se apreciază că în afara unor rezerve enorme de țiței, Uniunea Sovietică posedă și cele mai mari rezerve de gaze naturale — peste 45% din rezervele mondiale.

Cercetările geologice identifică prezența unor noi structuri petro-gazeifere bogate, în teritorii puțin cunoscute anterior sau chiar în extinderea actualelor exploatări.

Producția de petrol a crescut de la 30,2 mil. t în 1938, la 353 mil. t în 1970 și la 608,8 mil. t în 1981, și este în creștere, la 616,3 mil. tone în 1983, situîndu-se pe primul loc între țările producătoare de petrol.

Producția de gaze naturale a crescut de la 198 mld.m^3 în 1970 la 465,3 mld. m^3 în 1981, la 499,2 mld. m^3 în 1983 ocupînd primul loc între țările producătoare de gaze naturale.

Pentru alimentarea regiunilor industriale și cu o populație mai densă din partea europeană a U.R.S.S., au fost proiectate și, în parte, realizate — conducte uriașe prin care să se transporte gazele naturale. Astfel de conducte sînt: cea construită de la Ucikîr din R.S.S. Uzbekă și Bairam-Ali din R.S.S. Turkmenă, pe o lungime totală de 3 200 km. Asigură un transport de 25 mld. m^3 gaze/an. Altă conductă, cu diametrul de 1,22 m, din Siberia de vest de la gurile fluviului Obi, în lungime de 4 500 km alimentează partea de vest (baltică) a U.R.S.S. Alte conducte sînt Buhara-Ural și cea din Asia Centrală.

Asia. Cele mai numeroase și mai bogate zăcăminte de țiței ale Asiei sînt concentrate în Orientul Apropiat și Mijlociu, unde se apreciază prezența unei rezerve de aproximativ 60 la sută din rezervele mondiale.

Vom începe enumerarea marilor structuri geologice petro-gazeifere începînd din vestul continentului, fără resursele U.R.S.S., menționate anterior. Trecem peste Bazinul Mediteranean de Est, în care, în afara unor structuri petro-gazeifere identificate pe teritoriul Izraelului, de mică importanță, nu au fost identificate rezerve care să rețină atenția într-o privire de ansamblu.

Bazinul din Regiunea Golfului. Bazinul Regiunii Golfului Persic este cuprins între Munții Taurus la nord și nord-est, Munții Zagros la est și sud, Platoul Hadhramaut la sud și versantul estic al Scutului Peninsulei Arabice, la vest.

Structura geologică de ansamblu a bazinului cuprinde două mari unități: în nord, o structură cutată; în sud o structură de platformă. Partea de nord, cutată, este alcătuită din formațiuni mezozoice și neozoice. Platforma este acoperită de formațiuni cretacice, eocene și miocenice, care cuprind și structurile petrolifere din sudul Irakului (Basra), din Kuweit, Bahrein, Qatar și Arabia Saudită. Regiunea cutată cuprinde structurile petrolifere care aparțin Turciei, Siriei, Irakului și Iranului.

Fig. 15. Industria petrolului în Orientul Apropiat și Mijlociu.

Turcia. Structurile petrolifere ale Turciei se găsesc în partea de sud-est a țării, aproape de granița cu Siria și Irakul, în marginea cutată premontană a bazinului. Au fost descrise 12 structuri petrolifere, între care cea mai importantă este cea de la Raman.

Siria. Cercetarea geologică a identificat o grupare de cîteva structuri petrolifere în partea de nord-est, aproape de granița cu Turcia. Obiectul principal de exploatare îl constituie regiunea Djeriseh.

Irak. Formațiunile geologice purtătoare de țiței sînt dolomitele cretacicului mediu și calcarele cretacicului superior și ale oligocenului. Se cunosc două regiuni bogate în petrol: în partea de nord a țării, la nord de Bagdad, și în regiunea Basra, la sud de confluența rîurilor Tigru și Eufrat. Un cîmp petrolifer important a fost descoperit

la Rumaîla, în regiunea Basra, aproape de acumulările de la Az Zubayr.

Cel mai important cîmp petrolifer este cel de la Kirkuk în lungime de 110 km, pe o lățime de 3,7 km, situat în nordul țării, alte zăcăminte fiind în sud la Al Zoubaiz, Az Rumaila, Rashi sau la vest de Bagdad.

Între marile structuri producătoare de petrol, sînt cele mai importante, cu debite mari, care asigură și mențin producția țării.

Primul zăcămînt de petrol a fost descoperit în anul 1923. Extracția de petrol a început în 1927 și în 1940 a ajuns la 2,5 mil. t, în 1970 la 76,4 mil. t, 112,4 mil. t în 1976, 45 mil. t în 1982, 42,9 în 1983.

Iran. Zăcămintele de petrol sînt situate în partea de sud-vest a țării, în apropierea Golfului Persic și în vest, la granița cu Irakul. Un cîmp petrolifer mai sărac se găsește la sud de Teheran. Formațiunile purtătoare de țiței sînt: calcarul de Asmari din oligocenul superior-miocen inferior și cele din cretacicul inferior și mediu.

Au fost descoperite peste 75 structuri petrolifere, dintre care unele cu lungimi mari: Kuh-I-Mund — 111 km, Agha Jari — 55 km, Haft Kel 46 km. Structura cea mai importantă este Masjid-I-Suleiman. Regiunea Ahvaz este cea mai bogată din Iran.

Iranul este una dintre țările din Regiunea Golfului care dispune și de zăcăminte de gaze.

Producția de petrol a început în 1909. În următorii trei ani a crescut vertiginos, ajungînd în 1912 la 200 000 t, în 1940 la 9,3 mil. t, în 1970 la 191 mil. t. În 1976 a produs 295 mil. t, extracția fiind apoi în scădere la 98,4 mil. t în 1982 și crescînd în 1983 la 124,1 mil. t.

Producția de gaze naturale de la 12,2 mld. m^3 în 1970 a ajuns la 22,5 mld. m^3 în 1979, apoi la circa 6 mld. m^3 în 1982 și crescînd în 1983 la 9,2 mld m^3.

Iranul dispune de rafinării de mare capacitate la Abadan și Teheran și de două mari porturi pentru exportul țițeiului brut la: Abadan și Bandar-Shahpur.

Kuweit. Depozitele sedimentare încep cu jurasicul superior și continuă cu seria cretacică, fiind acoperite cu depozite eocene, miocene și pleistocene, reprezentate prin

calcare, gresii, argile, nisipuri cuarțitice, calcare marnoase, calcare recifale, anhidrite, gresii, argile.

Regiuni petrolifere sînt: Burgan și Al Bahra, în apropierea Golfului. În partea de nord a țării sînt structurile: Al Bahra, Raudhatain și Sabriya, iar în sud structurile: Wafra, Minagish, Um-Gudair, Burgan și Magwa. Structura Burgan are lungimea de 24 km și lățimea de 16 km. Zăcămintele de petrol sînt localizate în patru complexe productive, suprapuse, avînd grosimea cumulată de aproximativ 250 m, la adîncime mică și mijlocie. Posibilități de producție apar și în adîncime.

În partea nordică prezintă mare importanță economică structura Raudhatain.

Zăcămintele petrolifere ale Kuweitului sînt de tip stratiform. Apa de zăcămînt, prin presiunea exercitată, înlesnește extracția fără pierderi semnificative.

Teritoriul țării, în suprafață de 17 818 km², reprezintă cea mai ridicată productivitate de țiței din lume.

Producția de petrol a început în 1946. A atins cota de 150 mil. t în 1970. Producția în 1976 a scăzut la 108 mil. t și la 52,7 mil. t în 1983. Producția de gaze a atins 1,9 mld m³.

Bahrain. Șeicatul Bahrain se extinde asupra unor insule din Golful Persic, situat între Peninsula Quatar și Arabia Saudită.

Acumulările de petrol sînt legate de formațiuni calcaroase, de vîrstă jurasică și cretacică. Producția a atins 3,8 mil. t în 1970 și 2,052 mil. t în 1983. Producția de gaze naturale, în 1974, a fost de 234 mld. m³ și de 4,9 mld. m³ în 1983. Rafinăria de la Awali este a doua ca mărime în Orientul Mijlociu.

Qatar. Este situat în peninsula Qatar, în estul Arabiei Saudite. Este un stat care și-a dobîndit independența în 1971. În lungul coastei de vest a fost identificată structura Dukhan, un anticlinal lung de 80 km, din care partea de nord, lungă de 50 km cu o lățime de 4,5 km, este productivă.

Exploatează petrol din formațiuni jurasice și cretacice. Producția de petrol a crescut de la 17 mil. t în 1970 la 23,3 mil. t în 1976 și a scăzut la 19,6 mil. t în 1981, la 15,9 mil. t în 1982 și 25 mil. t în 1983.

Emiratele Arabe Unite. Un stat federal situat între apele Golfului Persic la nord, Qatar și Arabia Saudită

la vest și sud, Oman la est. Este format din emiratele: Abu Dhabi, Dubai, Sharjah, Ajman, Fujeira, Ros al Khaima, Umm al Owain.

Zăcămintele de țiței se găsesc în structurile: Murban și Umm Shaif, aceasta din urmă sub apele golfului. Zăcămintele se găsesc în calcare cretacice.

Producția de 37,6 mil. t în 1970, a ajuns la 94,2 mil. t în 1976, la 73,6 mil. t în 1981, la 53,64 mil. t în 1983, ocupînd locul 11 între țările producătoare de țiței.

Arabia Saudită. Zăcămintele de petrol ale Arabiei Saudite se găsesc în partea de est, aproape de Golful Persic, cum și în unele structuri sub apele golfului.

Teritoriul este o platformă continentală paleozoică acoperită cu depozite jurasice, cretacice, eocene și neogene.

Cercetările geologice, ajutate de prospectare geofizică de pe sol și de aerofotogrametrie, au dus la descifrarea tectonicii și a structurilor susceptibile de a conține acumulări de hidrocarburi. A fost bine delimitată terasa structurală Hasa în cadrul căreia se distinge o serie de anticlinale între care cea mai importantă este zona anticlinală Ghawar, cu o lungime de 225 km, avînd cuta anticlinală asimetrică Haradh și o altă cută Hawiyah. Spre nord se întîlnesc structurile: Uthamiyah și Shedgum, în nord-vest structura Ain Dar și Fadhili. În nord-est sînt structurile Abqaiq și Qatif, la est structura Dammam. La nord urmează structurile: Hadriya, Kursaniya (pe uscat), Manifa, Safania și Khafqui sub apele Golfului Persic. Acumulările de hidrocarburi s-au produs în formațiuni paleozoice (permiene) și jurasice. Structurile Manifa și Safaniya sînt printre cele mai mari din lume între purtătoarele de țiței, în regiuni subacvatice.

Producția de petrol a Arabiei Saudite a ajuns de la 188,4 mil. t în 1970, la 424,2 mil. t. în 1976, 250,3 mil. t în 1984. Rezervele de țiței sînt de ordinul peste 10 miliarde de tone.

Regiunea sudică și sud-est asiatică. Bazinul fluviului Indus (în Pakistan). Este o depresiune marginală în fața masivului himalayan, în partea de nord și de vest umplută cu depozite terțiare, iar partea de est a bazinului este situată pe versantul de vest al Platformei Hindustane, acoperită cu depozite mezo-

zoice și terțiare. Depozite mai vechi, paleozoice, apar local în versantul de est al bazinului.

Sub raport petro-gazeifer, apar trei regiuni: Potwar, Indusul inferior și Indusul superior. Importanță economică prezintă primele două regiuni.

Regiunea Potwar, situată în nord, este petroliferă. Rocile magazin sînt calcare jurasice, eocene și miocene, iar roci surse a hidrocarburilor sînt șisturile bituminoase.

Regiunea Indusul inferior cuprinde mari structuri gazeifere în calcarul de Sui, calcarele seriei Laki ș.a. cu acumulări gazoase.

Bazinul este în curs de cercetare, iar producția este încă în fază de început.

India. Structurile petrolifere ale Indiei se găsesc în partea de nord-vest, în bazinul Cambay, și în nord-est, în valea fluviului Brahmaputra.

Extracția țițeiului a început în India, în anul 1889, cu o producție menținută mult timp la un nivel scăzut. În prezent producția este în creștere: de la 6,8 mil. t în 1970, la 14 mil. t în 1981, la 27,95 mil. t în 1984. Teritoriul Indiei este în curs de cercetare, avînd unele structuri promițătoare din acest punct de vedere.

Birmania. Cercetările geologice au dus la descifrarea unor structuri petrolifere în bazinul și delta fluviului Irrawaddi, în insulele Mayu și Mosi, mai importante fiind structurile Chauk-Lanywa și Yenangyaung. Producțiile realizate, 1,6 mil. t petrol în 1982 și 17 mld. m^3 gaze naturale în 1982, nu sugerează potențialul geologic care promite mai mult.

Indonezia. Este un stat insular format din insulele principale: Kalimantan (Borneo), Sumatera, Sulawesi și Java, în structura cărora se găsesc cele mai mari acumulări de țiței din sud-estul Asiei: 80% din rezervele acestei regiuni. Acumulările de petrol sînt localizate în insulele: Sumatera, Java și Kalimantan.

Zona mai productivă a Sumaterei este în sudul insulei, în formațiuni terțiare, la adîncime mică (500—1 280 m). Zăcămintele Javei se găsesc în partea estică a insulei, în formațiuni terțiare, la adîncimi de 90—1 000 m. În insula Kalimantan zăcămintele se găsesc pe o mare întindere, din vestul pînă în estul insulei.

Producția de petrol a Indoneziei — de la 42,5 mil. t în 1970, a ajuns la 78,6 mil. t în 1981, la 65,9 mil. t în

1983, pe locul 10 între țările producătoare de țiței. Producția de gaze, de 3 mld. m^3 în 1970, a atins 21,62 mld. m^3 în 1983.

Malaysia este formată dintr-un sector continental (Malaya) și un sector insular (principală este partea nordică numită Sarawak și Sabah din cadrul insulei Borneo).

Producția de petrol a Malaysiei a fost de 14,5 mil. t în 1983. Cercetările pentru identificarea de noi structuri petrolifere continuă.

R. P. Chineză. Pe teritoriul R. P. Chineze au fost identificate bogate structuri petrolifere, care asigură o producție de țiței în creștere, legată de bazinele menționate în cele ce urmează:

- Bazinul Sichiuan este situat în partea centrală a țării, în cursul mijlociu al fluviului Changjing. În partea de est a bazinului formațiunile petrolifere au vîrstă permian-triasică, în partea de vest sînt formațiuni ale jurasicului superior. În sudul bazinului sînt mari structuri gazeifere;
- Bazinul Ordos este situat în nordul platformei chineze. Peste formațiuni cristaline se găsesc depozite paleozoice, mezozoice și neozoice. Structuri petrolifere apar în estul și în vestul bazinului;
- Bazinul Prenanshan, situat tot în partea de nord a teritoriului, cuprinde mai multe structuri petrolifere, Liao-Tziun, Yac-Sia, Suigon, Ba-Ian-he, în formațiuni mezozoice și neozoice;
- Bazinul Tseidam, situat tot în nordul teritoriului, conține mai multe regiuni petro-gazeifere. În nord-estul bazinului se găsesc structuri petro-gazeifere, în sud-est se continuă zona Len-hu și apare zona Ma-hai, cu structuri gazeifere, în gresii oligocene-miocene. În regiunea centrală se exploatează structuri petrolifere și gazeifere, în gresii oligocene, miocene și pliocene; în partea de est se găsește structura gazeiferă Ian-hi;
- Bazinul Dzungar este situat în partea de nord-vest a țării. Conține depozite mezozoice și neozoice, foarte groase. Zăcăminte de petrol apar în formațiuni triasice-jurasice și miocene, pe marginea bazinului de Karamai și Urho, la Cîigu;
- Bazinul Sun-Liao este situat în cîmpia din est-nord-estul teritoriului, aproape de granița coreeană.

Acumulări de petrol, în exploatare, apar în mai multe localități. Cercetările continuă.

Producția de petrol a Chinei, de la 23,9 mil. t, în 1970, a ajuns la 114,5 mil. t, în 1984. Producția de gaze naturale este și ea în creștere, ajungînd la 12,25 mld. m^3 în 1984.

Japonia. Bazinul Hokkaido cuprinde unele vechi exploatări de petrol, legate de formațiuni cretacice și miocenice în zonele: Ishikari, Tenpoku, Atsuma ș.a.

În insula Honshu, începînd de la nord la sud, pe coasta Mării Japoniei se succed cîteva bazine cu interes petro-gazeifer.. Bazinul Akita conține acumulări de petrol și gaze în formațiuni miocenice și gaze în pleistocen. Bazinul Niigata-Nagano, situat la sud de precedentul, a stîrnit interes petrolier în secolul trecut, însă, producția a rămas la un nivel scăzut. Bazinul Kwanto este situat pe coasta răsăriteană a insulei Honshu și prezintă interes pentru gaze acumulate într-o serie de marne nisipoase și gresie grosieră, gazele fiind dispersate în apă. Tot în acest bazin se găsește și structura Mobara, cu apă subterană care conține gaze, la adîncimea de 400—600 m.

Insulele japoneze, cu o structură preponderent vulcanică, ar fi trebuit să conțină mai bogate acumulări de țiței și gaze, dacă acestea ar fi de origine vulcanică.

La producția de hidrocarburi, Japonia figurează cu rezervă și o producție internă foarte mică (420 mil. t în 1983), cu o ușoară creștere a producției de gaze în ultimul deceniu. Japonia importă cantități mari de hidrocarburi din Regiunea Golfului și din Indonezia, pentru a putea face față uriașului consum energetic. Numai pentru necesarul în transporturi, Japonia a produs — din țițeiul importat — 25,498 mil. t benzină, în 1979.

Australia și Oceania. Pe teritoriul Australiei și a insulelor din apropiere (Oceania) au fost identificate interesante structuri petro-gazeifere cu o producție în creștere. Producția de petrol de la 8,454 mil. t în 1970, a ajuns la 21,6 mil. t în 1979 și 19,4 mil. t în 1983, iar cea de gaze naturale de 7,61 mld. m^3 în 1970 a ajuns la 11,9 mld. m^3 în 1983.

Bazinele petro-gazeifere mai importante sînt:

— bazinul Vest-Australian (Carnarvon), în partea vestică a continentului, umplut, în general, cu depozite cretacice și terțiare, în nord cu depozite jurasice, în est cu formațiuni paleozoice, cu rezultate încă modeste pentru producție;

— bazinul Australiei de mijloc care cuprinde structuri petroliere și gazeifere în formațiuni mezozoice și terțiare;

— bazinul Sud-Australian de pe litoralul sud-estic, cu deschidere spre Marea Tasmaniei. Conține cîteva structuri petro-gazeifere mai importante, în formațiuni carbonifere, jurasice și cu gaze în formațiuni permice;

— bazinul Arafura, în partea de sud a insulei Noua Guinee și în nord-estul Australiei, cu petrol și gaze în unele gresii miocene.

Alte bazine sedimentare fără o structură și perspectivă clarificată sînt: Vogelgkop în partea de nord-vest a Noii Guinee, Noua Caledonie și Noua Zeelandă. Structuri favorabile unor acumulări de hidrocarburi au fost identificate și în zone acoperite de mare pe soclul unor insule. Prima structură gazeiferă de acest fel, descoperită în urmă cu 15—20 de ani, în acest sector, se găsește în strîmtoarea Bass, unde o sondă a produs, la început 138 000 m^3 de gaze pe zi.

Zăcămintele de hidrocarburi ale Africii. Primul zăcămînt de petrol în Africa a fost descoperit în anul 1880, în nordul Algeriei. Prima exploatare a început în Egipt în anul 1913. Cele mai numeroase cercetări geologice pentru identificarea rezervelor de petrol s-au făcut mai întîi în apropierea coastelor de nord, de vest și de est a continentului și apoi dinspre coastă spre interior. Au fost cercetate și apoi puse în exploatare, la început, zăcămintele de petrol, acesta fiind mai ușor de transportat. Exploatarea gazelor naturale a început în regiuni în care transportul a putut fi făcut fie efectuat la distanțe scurte prin gazoducte.

Cercetările geologice au identificat mai multe bazine sedimentare cu structuri favorabile acumulărilor de hidrocarburi. Libia, Egiptul și Nigeria dețin în subsolul lor peste 80% din rezervele sigure ale continentului, exis-

tînd certitudinea că și în alte țări africane resursele de hidrocarburi sînt însemnate.

Rezervele de hidrocarburi cunoscute ale Africii, în 1978, se ridicau la aproximativ 9 mld. t petrol și 5 900 mld. m^3 gaze naturale, cifre care desigur la ora actuală sînt depășite prin descoperirea unor noi structuri.

În prezent, din producția realizată, aproximativ 70% se exportă, restul se prelucrează și se consumă în interiorul continentului. Exportul cel mai însemnat se face către Statele Unite, în Franța și în Italia.

Principalele țări producătoare sînt:

Egiptul, țară cu cele mai vechi exploatări de petrol din Africa. Zăcămintele de petrol ale Egiptului sînt situate în partea de vest și de est a Mării Roșii, cuprinse în mai multe structuri petrolifere, alcătuite din gresii și calcare de vîrstă eocenă și miocenă. Egiptul posedă și structuri geologice gazeifere.

Producția de petrol a Egiptului a fost de 930 000 t în 1940, de 12,5 mil. t în anul 1969, de 31,8 mil. t în 1981 și de 36,03 mil. t în 1983.

Libia este cea mai bogată țară în hidrocarburi de pe teritoriul african. Regiunile productive se găsesc în partea de nord a țării, spre golful Sirta, la sud-vest de orașul Benghazi și în partea de nord-est, spre Tobruq, aproape de granița cu Egiptul.

Cercetarea geologică pentru petrol a început de abia în anul 1963, iar pînă în anul 1968 au fost forate 1 500 sonde. Cercetările continuă.

Dintre structurile geologice mai importante menționăm următoarele: Es Sidrah, Raguba, Zelten, Amal, Sarir, Naafora, Waha, Ras al Hilal.

Rezervele de petrol ale Libiei au ajuns la 4,6 mld. t la începutul deceniului nouă.

Conducte de mărimi corespunzătoare asigură transportul hidrocarburilor de la schelele la centrele de prelucrare și la porturile care servesc exportul. Cea mai mare producție de petrol a Libiei a fost de 159 709 mil. t în 1970, de 108 576 000 t în 1976, de 56 712 000 t în 1981 și de 56 364 000 t în 1982.

Algeria. Zăcămintele de hidrocarburi — petrol și mai ales gaze naturale — se găsesc în trei regiuni distincte ale țării în partea de vest, în depresiunea Colomb-Béchar, în centrul țării cu extinderea spre sud-est, în partea de

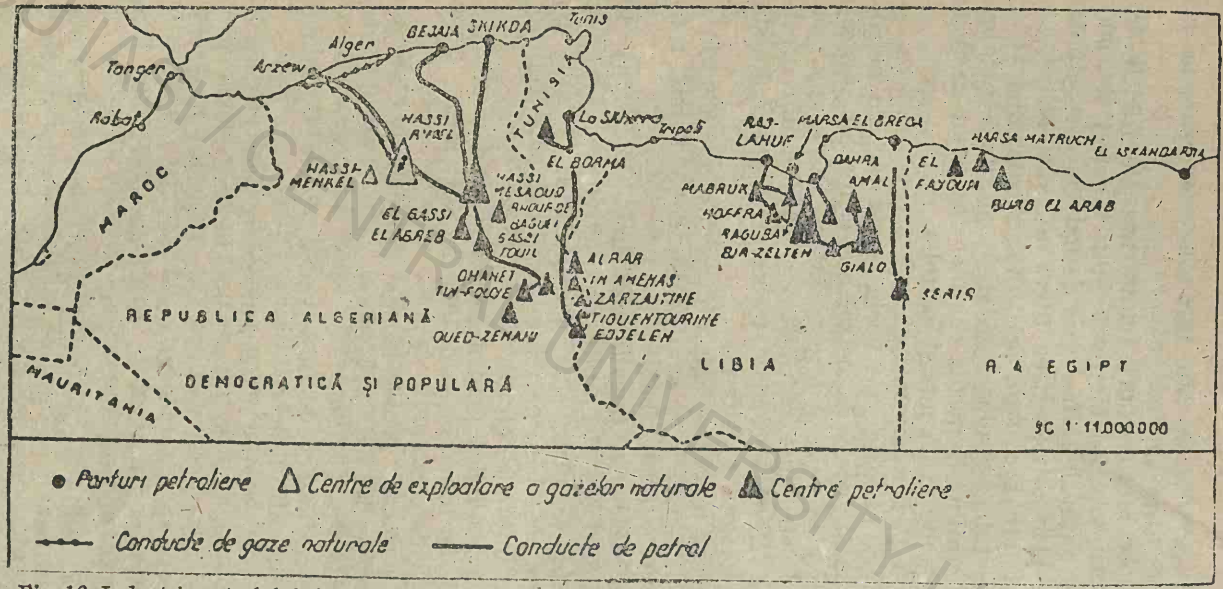


Fig. 16. Industria petrolului și a gazelor naturale în Africa de Nord.

BCU IAȘI CENTRU UNIVERSITY LIBRARY

est în regiunea Marele Erg Oriental cu cea mai importantă structură petroliferă a țării la Hassi-Messaoud în suprafață de 2 000 km². Alte cîmpuri petrolifere sînt la Gassi-Touil, Rhourde el-Baghel.

În structurile gazeifere, cea mai importantă este Hassi R'mel, apoi Alraz, Gassi-Touil ș.a.

Producția de petrol în 1976 a fost de 50,1 mil. t, iar în 1983 a fost de 31,788 mil. t, iar cea de gaze naturale fiind de 15,5 mld. t în 1983.

Maroc. Menționăm această țară nu pentru o producție însemnată, ci pentru variația formațiunilor geologice colectoare: granite, gresii și șisturi fisurate; dolomite, calcare și marne fisurate; nisipuri lenticulare. Vechimea formațiunilor se întinde din paleozoic pînă în miocen legate de evoluția Atlasului de Vest.

Exploatarea a început în 1936, fără a exista o producție însemnată.

Nigeria. Zăcămintele de petrol ale Nigeriei se găsesc în nisipuri și gresii miocene, distribuite în cîteva zeci de structuri geologice. Au fost identificate aproximativ 230 zăcăminte, mai importante fiind: Kokori, Apaea, Ebrutu, Oloibiri. Suprafața terenurilor petrolifere este de aproximativ 125 000 km².

Activitatea de cercetare și de exploatare se desfășoară în condiții grele de lucru, terenurile productive, în Delta Nigerului, fiind în mare parte mlăștinoase (mangrove). Cercetarea structurilor petrolifere a început în anul 1957, la Port Hacourt, în sudul țării.

Prima producție a fost dată în 1958 (252 000 t), prin exploatarea din mlaștinile cu mangrove. A urmat exploatarea în estul țării, apoi în sudul și sud-est. Centre ale industriei petrolifere sînt la Kokori, Isoko, Eriemu, Wopoli, Bonny, Oloibiri, Oken ș.a.

Pînă în anul 1967, producția a crescut la aproximativ 15,5 mil. t, în anul 1982 fiind de 63,8 mil. t, situînd-o ca a 12 țară din lume în ceea ce privește extracția.

Gabon. În formațiuni geologice de vîrstă cretacică, eocenă și miocenă inferioară, în apropierea unor masive de sare, au fost identificate mai multe structuri petrolifere și gazeifere. Centrele petrolifere sînt: Cap Lopez, Anima-Alewana, Tsengué, Anguille, Gamba etc.

Producția de petrol a început în anul 1959 și a ajuns la 7,7 mil. t în anul 1983. Producția de gaze a atins nivelul de 10 mld. m^3 în anul 1964, scăzînd apoi pînă la 148,5 mld. m^3 în 1983.

Angola exploatează petrol din formațiuni cretacice, începînd cu anul 1956. Structurile petrolifere cercetate și date în exploatare, la început, se găsesc în depresiunea Kwanza, la nord și la sud de cursul inferior al fluviului cu același nume în zona Luanda.

Ulterior, a fost pusă în evidență o nouă zonă petroliferă în Cabinda, la granița cu Republica Zair, în zona litorală, cu extindere și în platforma acoperită de ocean. Zăcămîntul conține un petrol de calitate superioară, la adîncimi de 400—500 m și 2 200—2 300 m.

Producția de petrol realizată în anul 1983 a fost de 8,3 mil. t în mare parte fiind exportată Japoniei, S.U.A., Portugaliei, Spaniei, Danemarcii.

În partea de est a continentului se exploatează petrol în Tanzania și Etiopia, deocamdată în cantități mici. Se fac cercetări intense în toate țările de pe coasta estică a Africii.

America de Nord. Petrolul a fost cunoscut de către vechile populații care au trăit pe acest continent și care i-au dat aceeași întrebuințare ca și cele din Regiunea Golfului. Exploatarea petrolului a început în anul 1859, în Pennsylvania. După anul 1901 au început cercetările și exploatarea în statele Michigan, Texas, cele din Mid-Continent și din Louisiana.

După anul 1914 au fost descoperite, în mod treptat, marile structuri petro-gazeifere din California, apoi cele din est, din zona appalașiană, iar mai recent cele din statul Alaska.

Continentul nord-american deține aproximativ 10% din rezervele mondiale de hidrocarburi. Producția continentului (S.U.A., Canada, Mexic) în 1982 a fost de aproximativ de 600 mil. t petrol și 650 000 mld. m^3 de gaze naturale.

Canada este una dintre țările cu mari bogății ale subsolului, atît în minereuri, cît și în combustibili. Bogățiile subsolului fac din Canada una dintre cele mai bogate și înfloritoare țări de pe glob.

Zăcămintele Canadei se află în cea mai mare parte în Bazinul Canadian de Vest în provinciile: Columbia Britanică, Alberta, Saskatchewan și la vest de Winnipeg, în formațiuni geologice de vîrstă paleozoică, triasică și cretacică. Cercetări recente au pus în evidență noi structuri gazeifere în nordul Canadei (Marea Beaufort).

Exploatarea petrolului în Canada a început în anul 1862. Producția de petrol, în 1983 a fost de 66,4 mil. t, iar cea de gaze naturale de 73,6 mld. m^3.

Importante rezerve de hidrocarburi se găsesc în regiunea Yukon și în insulele Arhipelagului Canadian de Nord.

Statele Unite reprezintă țara cu cel mai ridicat consum de hidrocarburi din lume, situîndu-se pe locul doi între țările producătoare. Aproximativ 3/4 din necesarul de energie al Statelor Unite este acoperit de petrol și gaze naturale, ceea ce constrînge și la import din alte regiuni petrolifere ale globului: Mexic, Venezuela, Africa, Orientul Mijlociu ș.a.

Structurile petro-gazeifere sînt legate de mai multe bazine geografice, menționate începînd cu partea estică a țării:

- Bazinul Michigan, în care zăcămintele de petrol și gaze sînt concentrate în centrul statului Michigan, în formațiuni paleozoice inferioare;

- Bazinul Appalachian se întinde peste statul Pennsylvania și peste o parte din statele: New York, Ohio, Virginia de Vest, Virginia, Maryland și Kentucky, într-o structură premontană. Formațiunile productive aparțin erei paleozoice. Printre localitățile cu producții ridicate menționăm: Mc Donald, Bradford, Herborn, M. Monntain, Big Sinking;

- Bazinul Golfului Mexic, se întinde peste teritorii mai vaste care aparțin S.U.A., Mexicului, Cubei și platformei submerse ale acestor state. Bazinul este afectat de numeroase fracturi care îi conferă zone depresionare și zone îngropate cu zăcăminte bogate de hidrocarburi legate și de adînci domuri de sare.

Pe teritoriul Statelor Unite se găsesc bogate zăcăminte în statele Texas și Louisiana, în formațiuni jura-

Fig. 17. Industria petrolului și a gazelor naturale în S.U.A.

sice, cretacice, terțiare și cuaternare. Statele Unite exploatează și zăcăminte acoperite de apele golfului.

Începînd din nord spre statele din centru se întind:

• Bazinul Illinois, la vest de Bazinul Appalachian, peste o parte a statelor Illinois, Indiana și Kentucky, cu zăcăminte de petrol și gaze cantonate în formațiuni de vîrstă paleozoică;

• Bazinul Williston în partea de nord a Statelor Unite peste teritoriul statelor Montana, Dakota de Nord și Da-

kota de Sud, cu formațiuni productive de vîrstă paleozoică, jurasică și cretacică;

• Bazinul Intern de Vest, în partea centrală a Statelor Unite, cuprinzînd statele Kansas, Oklahoma și o parte din Texas. Conține numeroase și bogate structuri petrolifere și gazeifere de platformă, în formațiuni de vîrstă paleozoică;

• Bazinul Permian se întinde în partea de vest a statului Texas și în cea de sud-est a statului New Mexico. Continuă pe aceeași structură de platformă din bazinul precedent. Conține numeroase zăcăminte de petrol și gaze în formațiuni paleozoice;

• Bazinele Munților Stîncoși, în structuri intramontane, se întind peste statele: Montana, Dakota de Nord, Dakota de Sud, Wyoming, Utah, Colorado, Arizona și New Mexico. Conțin numeroase zăcăminte de petrol și gaze în formațiuni paleozoice, mezozoice și terțiare (neozoice);

• Bazinele din California (San Joaquin, Salinas-Guiama, Santa Maria, Ventura și Los Angeles) situate pe coasta Oceanului Pacific, în structuri intramontane. Conțin foarte numeroase și bogate structuri petrolifere, în formațiuni terțiare.

Zăcămintele din Alaska, descoperite în ultimele trei decenii, constituie un veritabil nou „pol" al petrolului apreciind cantitatea rezervelor calculate și estimate. Zăcămintele sînt legate de două bazine sedimentare: unul la nord, Proudhoe Bay, în apropiere de coasta Oceanului Arctic, lîngă localitatea Umiat; altul la sud în aria Golfului Alaska. Zăcămintele din nord sînt cuprinse în formațiuni cretacice, iar cele din sud în formațiuni neozoice.

Rezervele de hidrocarburi din Alaska au fost estimate la aproximativ 2,7 mld. t. Exploatarea și valorificarea acestor rezerve, în condiții grele și foarte grele de lucru, la mare distanță, asociază eforturi financiare și umane deosebit de intense.

Producția de petrol a Statelor Unite, în anul 1984, a fost de 432,1 mil. t, iar cea de gaze de 487,3 mld. m^3.

Mexic. Zăcămintele de hidrocarburi ale acestei țări sînt situate în regiunea Golfului Mexic în depresiunile: Burgos, Tampico-Tuxpan, Veracruz, Salinas și Macospana, în zona litorală, cum și în extinderea platformei continentale sub apele golfului.

Formațiunile geologice purtătoare de hidrocarburi sînt de vîrstă neozoică, unele zăcăminte fiind legate de domuri de sare. Producția de petrol a început în anul 1901 și s-a dezvoltat la început într-un ritm lent, ajungînd în anul 1970 la 595 mil. t petrol, iar în 1983 la 425,9 mil. t. Producția de gaze, de 475,2 mld. m^3 în 1970, a ajuns la 487,2 mld. m^3 în 1984.

Rezervele de petrol ale Mexicului, estimate în anul 1970 la 365 milioane tone, sînt mult mai mari. Singură zona „La Morse" din Golful Mexic, situată în apele teritoriale ale Mexicului, poate asigura producția țării pe un timp îndelungat, zona petroliferă extinzîndu-se pe o lungime de peste 72 km.

America de Sud și Marea Caraibilor. Exploatarea substanțelor bituminoase în America de Sud și în insulele din Marea Caraibilor, la fel ca în America de Nord, a început din timpuri străvechi și a continuat și după descoperirea acestor continente de către europeni.

Documente scrise atestă că flota spaniolă a folosit asfaltul din insula Trinidad la impregnarea corăbiilor. Cea mai veche exploatare a petrolului a început în anul 1890, în Peru. A urmat Argentina, în anul 1907, apoi Venezuela, în anul 1908. După anul 1930, au început exploatări și în Bolivia, Chile, Brazilia, Columbia și în unele insule din apropiere.

Pînă în prezent nu au fost descoperite zăcăminte de petrol în America Centrală și în zona Caraibilor, de interes economic, cu excepția insulelor Trinidad-Tobago. Cercetările din ultimii ani în aria peninsulei Yukatan au dus la rezultate promițătoare. Vom prezenta bazinele și țările producătoare de hidrocarburi începînd de pe coasta nordică a continentului.

Venezuela este țara cu cea mai mare producție de hidrocarburi a continentului, după cum deține și mari rezerve de minereuri de fier, aur, diamante, nichel, cupru, mangan, uraniu și mercur.

În anul 1539, *Francesco de Gastilanos,* demnitar de provincie spaniolă în America, a trimis regelui Spaniei, ca semn al bogățiilor de viitor ale continentului, un butoi cu petrol. Neavînd la ce să întrebuințeze o asemenea avuție, regele și mulți alți regi ai Spaniei au urmărit în

noul continent exploatarea altor bogății. Exploatarea petrolului în Venezuela a început cu 325 ani mai tîrziu, în 1914, după cercetările geologice inițiale în anul 1879.

Terenurile petrolifere ale Venezuelei se găsesc în bazinele:

- Bazinul Venezuela de Est — Oriente — în care intră și insula Trinidad (cu producție independentă). Formațiunile geologice productive aparțin oligocenului;
- Bazinul Venezuela de Vest, cu trei structuri petrolifere importante, în formațiuni geologice de vîrstă cretacică și eocenă;
- Bazinul Maracaibo, cel mai important și cu cele mai multe zăcăminte localizate în partea de nord a lagunei Maracaibo, legate de formațiuni cretacice, paleogene și miocene. Bazinul conține aproximativ 70% din rezervele țării și asigură 75% din producția de hidrocarburi.

Producția de petrol în anul 1976 a fost de 119,76 mil. t, în 1983 a fost 94,24 mil. t. situîndu-se pe locul 8 între țările producătoare de petrol. Producția de gaze, în 1983, a fost de 14,6 miliarde m^3.

Trinidad-Tobago, separate de Venezuela prin strîmtoarea Fernando, fac parte din aceeași structură geologică cu Venezuela. Formațiunile purtătoare de hidrocarburi, aparțin, ca vîrstă și structură, paleogenului și miocenului.

Prima producție de petrol a fost dată în anul 1908. Insulele dețin și rezerve de gaze naturale și de asfalt.

Producția de petrol, în anul 1981, a fost de 9,7 mil. t, cea de gaze de 3,198 mld. m^3.

Brazilia. Exploatarea petrolului a început în anul 1939 și s-a intensificat după anul 1950. Cercetarea geologică în bazinul superior și în cel inferior al Amazonului și în bazinul Maranhao urmărește creșterea rezervelor de hidrocarburi pentru a reduce importul.

Producția de petrol în anul 1967 a fost de 6,9 mil. t. Pînă în anul 1981 s-a ridicat abia la 10,6 mil. t, în anul 1983, la 16,6 mil. t.

Argentina este a doua țară sud-americană în ce privește exploatarea hidrocarburilor. După anul 1950, fiind descoperite mai multe structuri geologice promițătoare, dinamica exploatării a crescut într-un ritm mai accelerat, ținînd seama de un raport rațional între extracție

și cercetare. Au fost identificate mai multe bazine cu acumulări de hidrocarburi:

• Bazinul Preandin Central, cu acumulări de petrol în formațiuni paleozoice, care se exploatează la Tranquitos, Vespucio, Lomitas;

• Bazinul Mendoza, în regiunea cursului superior al rîului Mendoza, cu acumulări de petrol în formațiuni triasice și terțiare;

• Bazinul Neuquen, în regiunea mijlocie a lui Rio Grande, cu peste 10 structuri petrolifere în formațiuni mezozoice;

• Bazinul Patagoniei, în care au fost puse în exploatare acumulări de petrol din formațiuni jurasice, cretacice și paleogene;

• Bazinul Preandin de Sud, în extremitatea sudică a continentului, cu acumulări de petrol în formațiuni de vîrstă jurasică și cretacică.

Producția de petrol a Argentinei, în creștere lentă, a ajuns în anul 1982 la 25 236 000 tone, iar cea de gaze la 11,3 miliarde m^3.

În partea vestică a continentului sud-american, cu deschiderea spre Oceanul Pacific, producătoare de hidrocarburi sînt: Columbia, Ecuador și Peru.

Columbia. Exploatarea petrolului a început în anul 1921 și s-a dezvoltat lent, ajungînd în anul 1970 la peste 11 mil. t, după care a urmat descreșterea, în anul 1981 fiind 6,9 mil. t. Producția de gaze, în 1970, a fost de peste 1,5 mld. m^3.

Formațiunile productive sînt de vîrstă cretacică și paleogenă, în regiunea mijlocie a rîului Magdalena.

Ecuador și *Peru* fac parte din Bazinul Guayaquil, teritoriul Ecuadorului fiind în partea nordică a bazinului. Peste fundamentul cristalin se găsesc depozite sedimentare cretacice, paleogene și neogene. Formațiunile purtătoare de petrol sînt cele cretacice.

Producția de petrol în anul 1983 a fost de 12,4 mil. t.

Peru se întinde în partea sudică a bazinului Guayaquil, cu aceeași structură geologică descrisă pentru Ecuador. Formațiunile productive sînt de vîrstă cretacică, paleogenă și neogenă.

Primele exploatări au început în anul 1896. Cu întreruperi s-a dezvoltat lent, ajungînd în 1970 la o producție de trei milioane tone, în 1981 la 9,5 mil. t. Ex-

ploatarea gazelor a început în urmă cu aproximativ 25 de ani. A ajuns la o producție de 1 587 miliarde m^3 în 1964. Rezervele de hidrocarburi ale țării par a fi limitate.

Producția și rezervele de hidrocarburi

Cea dintîi producție de petrol din lume a fost dată în Muntenia în anul 1857, care, în acel an, a figurat statistic cu 270 t. În același an a fost construită și prima rafinărie de petrol, la Bucov, lîngă Ploiești, denumită „Lumina", care prelucra petrolul brut extras de la Păcureți. Petrolul era folosit pentru luminatul orașului București.

În Statele Unite exploatarea petrolului a început în 1859, în Canada la 1862, în Rusia la 1863, în Polonia la 1874, în Japonia la 1875, în Germania la 1880, în Indonezia la 1893, în Peru la 1896. La sfîrșitul secolului al XIX-lea era cunoscută în lume faima unor regiuni petrolifere ca: Valea Prahovei, Pennsylvania, Baku, Caucazul de Nord (Rusia), Asia de sud-est și altele. De la producția mondială de 70 000 t în anul 1860 s-a ajuns la peste 21 mil. t în anul 1900. Prima conductă petrolieră a fost construită în Statele Unite, în anul 1865. Imediat după anul 1900 încep exploatările în alte regiuni ca: regiunea Caraibilor și Golful Mexic, Venezuela și Orientul Mijlociu.

Producția industrială de petrol a lumii, exprimată în milioane tone, a evoluat după cum urmează:

1857	România, singura producătoare	0,000270 mil. t
1860	toate țările producătoare	0,7
1875	„ „ „	1,4
1890	„ „ „	10,5
1900	„ „ „	21,0
1905	„ „ „	30,0
1920	„ „ „	95,0
1935	„ „ „	235,0
1950	„ „ „	523,0
1958	„ „ „	905,0
1967	„ „ „	1 755,1
1968	„ „ „	2 001,5
1975	„ „ „	2 644,0
1980	„ „ „	2 789,0
1988	„ „ „	2 672

Din examinarea datelor de mai sus se pot distinge următoarele perioade privind dinamica producției de petrol:

— perioada 1857—1900, cu o producție scăzută, necesară la luminat și pentru un început al industriei chimice, perioadă în care au fost cunoscute puține zăcăminte, din care unele au fost exploatate;

— perioada 1901—1940, cînd petrolul este tot mai solicitat pentru motorul cu explozie — automobile și avioane — și pentru industria chimică în creștere;

— perioada de după 1940, cu avîntul uimitor în transporturi, în petrochimie și în folosirea hidrocarburilor în centralele termice și termoelectrice.

Producția de țiței extras a lumii în anul 1983 este dată în tabelul XIII, iar cea de gaze în tabelul XIV.

Repartizată pe continente, producția de petrol (1981) este următoarea:

Europa (fără U.R.S.S.) aproximativ	133 mil. t.
U.R.S.S.	609 mil. t.
Asia (fără U.R.S.S.)	956 mil. t.
Africa	198 mil. t.
America de Nord	600 mil. t.
America de Sud	183,5 mil. t.
Australia	18,6 mil. t.

Din producția de petrol aproximativ 40% a fost asigurată de țările din O.P.E.C., 18% de U.R.S.S., 15—16% de S.U.A., restul de celelalte țări producătoare.

Producția de gaze în anul 1981 pe continente:

Europa (fără U.R.S.S.)	aproximativ	227,472 mld. m^3
U.R.S.S.	,,	433,609 mld. m^3
Asia (fără U.R.S.S.)	,,	40,654 mld. m^3
Africa	,,	16,742 mld. m^3
America de Nord	,,	448,297 mld. m^3
America de Sud	,,	25,855 mld m^3
Australia	,,	11,264 mld. m^3

Potrivit unor cercetări recente, se pierde prin exploatarea neraţională un volum de 215 mld. m^3 de gaze. Țările industrializate, din producția anuală de 233 mld. m^3 pierd 1/6; țările în curs de dezvoltare pierd 53%,

Producția de țiței extras
— mii tone —

Țara	*1938*	*1950*	*1960*	*1970*	*1976*	*1983*
Prod. mondială (mil. t)	2 732	2 532	2 567	2 275	2 644	2 632
1. U.R.S.S.	30 186	37 878	147 899	353 089	519 677	616 343
2. S.U.A.	164 102	266 708	347 976	475 289	401 552	425 952
3. Arabia Saudită	67	26 012	62 064	188 417	424 236	250 900
4. Mexic	5 510	10 363	12 793	21 501	40 572	142 875
5. Regatul Unit				83	12 036	110 832
6. Iran	10 359	32 250	52 392	191 296	295 080	124 116
7. R.P. Chineză	129	202	25 008	23 930	80 000	106 068
8. Venezuela	27 485	74 975	149 314	194 306	119 760	94 240
9. Canada	873	3 925	17 492	61 868	64 032	66 408
10. Indonezia	7 348	6 816	20 844	42 598	74 028	65 916
11. Emiratele Arabe Unite				37 699	94 220	53 640

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Continuare tabelul XIII

Țara	1938	1950	1960	1970	1976	1983
Prod. mondială (mil. t)	2 732	2 532	2 567	2 275	2 644	2 632
12. Nigeria				54 203	102 860	63 804
13. Kuweit		17 291	81 864	150 636	108 576	52 788
14. Libia				159 709	92 772	49 368
15. Irak		4 298	47 600	76 457	112 410	42 960
16. Egipt	226	2 592	3 312	16 404	16 704	36 636
17. Algeria			8 628	17 702	50 100	31 788
18. Norvegia					13 962	30 632
19. Argentina	2 444	3 287	9 144	20 026	20 926	25 200
20. India				6 809	8 016	27 950*
21. Qatar		1 630	8 205	17 373	23 382	21 600
22. Australia				8 494	20 820	19 380
23. Oman				16 587	18 288	18 732
24. Brazilia		38	3 876	8 082	8 484	16 960
25. ROMÂNIA	8 594	5 047	11 500	13 877	14 700	11 593

(Sursa: Anuarul statistic R.S.R.)
* 1983

Producția de gaze naturale — mil. m³ **Tabelul XIV**

Țara	*1938*	*1950*	*1960*	*1970*	*1976*	*1983*
1. U.R.S.S.	2 179	5 761	45 300	197 945	320 953	499 277
2. S.U.A.	66 777	177 889	361 632	595 057	61 950	452 279
3. Canada	947	1 921	14 808	56 712	76 396	73 572
4. Olanda		8	360	31 667	97 360	68 349
5. Regatul Unit				11 224	37 295	39 739
6. ROMÂNIA						
7. Mexic	1 165	1 793	9 665	11 699	14 033	35 868
8. Norvergia						27 400*
9. Indonezia	952	791	2 436	3 072	8 782	21 626
10. R.F. Germania		51	448	13 011	19 029	17 882
11. Venezuela		1 117	4 581	8 990	11 658	14 646
12. Argentina	491	754	1 380	6 015	7 710	13 143
13. Algeria	491	754	1 380	2 838	9 533	13 039
14. Italia	17	510	6 429	13 171	15 369	13 070*
15. R.P. Chineză						12 177
16. Australia				781	5 906	11 896
17. Franța		246	2 144	6 880	7 098	11 315
18. Iran			950	12 236	22 476	9 213
19. Ungaria	8	381	342	3 469	6 084	6 493
20. Polonia	584	183	519	5 182	6 697	6 700*

(Sursa: Anuarul statistic R.S.R.)

* 1985

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cantități care se ard fără nici un folos; în Orientul Mijlociu se pierdea 2/3 din producția de gaze; Europa Occidentală ardea 11 mld. m^3. Volumul atestat al rezervelor de gaze naturale ale Terrei, la începutul anului 1983, era de 86 673 mld. m^3, cu care s-ar asigura consumul actual mondial pe încă 50—65 ani.

Participarea petrolului din zăcăminte submarine la producția mondială, a fost de aproximativ 30% și se apreciază că în anul 2000 va fi de 50%.

Țările socialiste asigură aproximativ 35% din producția mondială de gaze, Europa și America 21%, Orientul Mijlociu 25%, Africa 9%, Extremul Orient și Oceania, 5%, America Latină 4,5%.

Începînd cu anul 1981 pînă în anul 1983 extracția de hidrocarburi a depășit cererea pe piața mondială. La rezervele anterioare, cercetarea a identificat noi cîmpuri petro-gazeifere, iar industria a găsit petrol suficient. La situația dată se mai adaugă introducerea în balanța energetică a unor surse neconvenționale. Se prelungește, deci, folosirea hidrocarburilor în primele decenii ale secolului următor.

Capacitățile de prelucrare, în țările O.P.E.C., care furnizau în urmă cu cîțiva ani 55% din producția mondială de petrol, erau de numai aproximativ 6%, țările capitaliste care produceau 25% din producția mondială de petrol, prelucrau 86%.

De la cîmpurile petrolifere la porturile de încărcare sau în marile centre industriale au fost instalate conducte de mare capacitate; de exemplu conducta transalaskiană, cu un debit de 1,2 milioane barili/zi, între golful Prudhoe și portul Valdez, din golful Alaska; Conducta Prieteniei, între cîmpul Almatevsk (U.R.S.S.) și țările socialiste, cu un debit de 45—50 mil. t pe an. ș.a.

Rezervele de hidrocarburi ale lumii constituie o preocupare de primul ordin al economiilor actuale, deoarece majoritatea instalațiilor producătoare de energie funcționează dependent de acestea, începînd după anul 1960. Îngrijorarea crește cînd cifrele de plan, realizate an de an, marchează încă un gradient, ascendent al consumurilor de hidrocarburi. Consumul actual, în creștere, al cărbunilor energetici în centralele termoelectrice nu reduce încă producția și consumul hidrocarburilor care sînt

solicitate tot mai mult și în transporturi și în industria chimică.

Statistici cu o perspectivă optimizantă apreciază că rezervele mondiale de petrol ar fi de peste 600 mld. t, ceea ce la consumul actual de 3 mld. t/an, ar da un coeficient de asigurare al economiei mondiale cu petrol pe timp de 200 de ani. Dar zăcămintele de petrol nu pot fi extrase în întregime.

Ceea ce se extrage prin sonde, în mod obișnuit în extracția primară, reprezintă un procent de 20—25% din zăcământ, adică cantitatea care poate fi extrasă prin presiunea ce există în interiorul zăcământului. Pentru mărirea randamentului se apelează la extracția secundară, cînd în zăcământ se pompează diferite substanțe (aer, apă ș.a.), care îi refac presiunea interioară. Prin extracția primară și secundară, randamentul extracției se ridică la 30—45%, după natura zăcământului și după gradul de eficiență al instalațiilor folosite. Pentru a mai recupera din petrolul care rămîne strîns legat de porozitatea și natura rocii-magazin, se va apela la extracția terțiară, în experimentare.

Din totalul rezervelor menționate, numai aproximativ 270 mld. t ar putea fi exploatate cu mijloace tehnice actuale și din acestea 90—100 mld. t ar fi rezerve sigure, pe care se poate bizui în prezent economia. Luînd în calcul producția anuală actuală, aceasta ar da un grad de asigurare pe o durată de 30 de ani.

Apare însă, de regulă, un corectiv. Dacă ne referim la vechile statistici și la gradul de asigurare cu rezerve din acel timp, rezervele date atunci ar trebui să fie de mult timp epuizate. Și chiar de repetate ori. Aceeași evoluție a gradului de asigurare cu rezerve apare în cazul tuturor materiilor prime minerale. Cercetarea în extinderea structurilor productive și în noi cîmpuri mai puțin investigate anterior, dar susceptibile de a fi valorificate, aduc nota de înviorare și de optimism economic.

Unele calcule sumare, raportate la indici geologici și geomorfologici, ai unor bazine submerse, dau o prognoză de 134 mld. t de petrol, în subsolul unor bazine acoperite de Marea Mediterană, de 22 mld. t în platforma continentală din estul Americii de Nord și așa mai departe.

Potențialul cel mai ridicat în baze naturale îl au: Siberia de est, Golful Persic, America de Nord; în canti-

tăți mici, dar totuși, promițătoare. Asia de sud-est, Australia, America de Sud și platoul submarin al R. P. Chineze.

Aprecierile făcute asupra rezervelor de petrol variază în limite foarte mari. Congresul mondial al Petrolului, ținut la Moscova, în 1971, lansează un total de 480 mld. t. În acel timp, Institutul francez al Petrolului a dat cifre de 450 mld. t., Congresul mondial de la Tokio l-a redus la 273 mld. t.

După ancheta „Delphi", rezervele recuperabile ale Terrei (după 1977), la un grad de recuperare din zăcămînt de 40%, ar fi de 260 mld. t, din care (la acea dată) 100 mld. t. rezerve sigure și probabile, 100 mld. t. rezerve posibile.

În prezent sînt cunoscute aproximativ 30 000 de zăcăminte de hidrocarburi din care 300 sînt zăcăminte mari totalizînd 80% din rezervă.

O altă apreciere optimizantă este că 1/6 din suprafața planetei conține zăcăminte de hidrocarburi, din care în prezent numai 6% sînt cunoscute și exploatate. Se apreciază că sub apa mărilor și a oceanelor se găsesc, în prezent, 45% din rezervele de hidrocarburi.

Noi utilizări ale petrolului și ale gazelor naturale

Petrolului i s-a dat o importanță cu totul deosebită după cel de-al doilea război mondial, datorită calităților și complexității petrolului brut, din care s-au extras pînă în prezent peste 400 sortimente cerute de tehnică, știință, economie.

Perspectivele deschise petrolului, în ultimele decenii, au dus la sporirea efortului pentru a se asigura rezervele geologice de care are nevoie industria.

În vestul Europei și în Statele Unite se folosește petrolul în industria metalurgică, în cuptoarele Martin, cocsul din cărbune participînd într-o proporție mai redusă.

Fibrelor sintetice produse din hidrocarburi (nylon, kapron, relon ș.a.) li se adaugă prepararea unor nitrili care sînt cei mai buni înlocuitori ai lînii, putînd fi folosiți și la prepararea unor mase plastice, a unor medicamente și coloranți.

Masele plastice înlocuiesc metalele în confecționarea multor piese necesare în construcția de mașini, în canalizare, în protecția conductorilor electrici, pentru vase în gospodărie, ambalaje etc.

Într-un laborator de cercetări al Institutului francez al petrolului, Genevieva Clement a arătat că procesul de creștere al unei alge microscopice, *Spirulina*, poate fi accelerat la un ritm de 50 de ori în prezența unui mediu îmbogățit în CO_2, produs prin arderea unui derivat de petrol, cum ar fi uleiul greu. Alga are un conținut de 68% proteine.

Din analiza chimică a maselor hrănitoare obținute rezultă un procent ridicat de proteine — pînă la 65% și chiar mai ridicat — față de procentul de proteine din țesuturile proaspete de pește sau de mamifere, care este de 15—20%, iar în alimentele vegetale mult mai puțin. Totodată s-a constatat că în corpul drojdiilor, alimentate cu produse ale petrolului, se găsește un conținut foarte ridicat de *lizină*, în raport cu conținutul în aceeași substanță a cerealelor.

Producția de lizină a început în Olanda, într-o uzină cu capacitatea anuală de 3 000 t. Tot în același deceniu '60, în Anglia s-a înființat o stație pilot pentru producerea proteinei, folosind parafina ca materie primă. Acestea au fost începuturile din care s-au dezvoltat alte serii de cercetări care au dus la multiple rezultate și la creșterea solicitării petrolului și a derivaților lui.

Față de perspectiva de mai sus, economia mai poate apela la alte două surse importante pentru obținerea hidrocarburilor, la cărbuni și la șisturile bituminoase. Metodele de obținere a hidrocarburilor din cărbuni au fost amintite în capitolul precedent.

Omenirea nu va renunța ușor la acești combustibili (cu toate că se obțin mai greu), datorită marii lor elasticități tehnologice, pentru care se și fac în continuare investiții gigantice. Cursa pentru asigurarea cu combustibili fluizi nu a încetat nici un moment, importul în țările industriale fiind frînat doar de un singur mecanism în raportul cerere—ofertă: trecerea statelor deținătoare de mari structuri petrolifere la industrializare proprie a hidrocarburilor indigene.

Șisturile bituminoase. Nisipurile bituminifere

Folosirea șisturilor bituminoase ca sursă energetică nu este nouă. A fost practicată la scară redusă, local, încă din secolul trecut și continuă și astăzi. Se exploatează în U.R.S.S. (Estonia), Spania, Suedia, Brazilia, România, Statele Unite.

Rezervele mondiale de șisturi bituminoase apar în date aproximative. Întinderea structurilor purtătoare de astfel de roci este, în mare, delimitată, fără să se fi făcut cercetări de detalii privind conținutul lor în hidrocarburi.

Ancheta „Delphi" s-a preocupat și de aceste surse de hidrocarburi. Se apreciază că șisturile bituminoase, în cantități cunoscute de 400 miliarde tone, pot fi exploatate numai în proporție de 10% în condiții economice actuale.

Nisipurile bituminifere (asfaltice) sînt estimate la 300—350 mld. t, din care numai 5—10% se pot exploata economic în prezent.

Rezerve mari de asemenea roci deținea Statele Unite (60% din total), Brazilia (25%), Uniunea Sovietică, Canada, R. P. Chineză, Congo, Suedia, Thailanda, Marea Britanie (Scoția), R. F. Germania, Birmania, Iugoslavia, Venezuela, Trinidad ș.a.

Zăcămintele de șisturi bituminoase ale Statelor Unite se găsesc în statele Colorado, Utah și Wyoming. Zona cea mai importantă ocupă o suprafață de 41 600 km^2, cu grosimea șisturilor de 3—4 m. Cantitatea de petrol conținută în aceste șisturi ar fi de aproximativ 600 de miliarde de barili recuperabili.

Sub acest strat, în adîncime, se găsește un alt strat bituminos, care ar conține 123 mld. t. de petrol, conținutul în petrol fiind de 80—100 l/tona de șist.

Cantitatea totală de petrol conținută în șisturi se pare că ar fi de 247 mld. t. petrol, o cantitate de 60 de ori mai mare decît actualele rezerve de petrol lichid din Statele Unite. Kerogenul din șisturi la temperatura de 477°C se transformă în petrol. Se preconizează ca în jurul anului 1990 să se prelucreze o cantitate de 41 000 t/zi. Apar însă unele împotriviri: pentru producerea unei tone de șist sînt necesare 300 l de apă, în acea zonă deficitară; rezultă un volum de deșeuri mai mari decît roca

inițială. Se preconizează exploatarea prin ardere subterană, dar se obține un petrol de calitate inferioară. Au fost elaborate și alte proiecte, unele mai valoroase.

Canada dispune de mari zăcăminte de nisipuri asfaltice sau nisipuri bituminoase, cel mai întins, de 50 000 km², fiind situat în provincia Alberta, în lungul fluviului Athabaska. După calculele geologilor, conținutul în petrol al acestui cîmp ar fi de 1 000 miliarde barili (161 miliarde t).

De exploatarea acestor roci bituminoase se leagă mari speranțe, cu toate că randamentul economic și prețul de cost al valorificării lor este mai puțin încurajator. Dar la nevoie... Unele roci bituminoase pot fi exploatate la zi (Brazilia, R. F. Germania, Suedia). Grosimea lor variază de la 3—4 m, în Estonia, la 600 m, în Statele Unite, altele în subteran, cu metode adecvate.

Conținutul cel mai ridicat în hidrocarburi îl au șisturile bituminoase din Birmania (26%). Urmează Noua Zeelandă (25%), U.R.S.S. (Estonia = 23—24%). Madagascar (22,5%), Spania (18%).

Dintre metodele de exploatare în subteran, cea mai economică ar fi explozia nucleară subterană. Un calcul economic arată că prin această metodă se obține un preț de cost mai scăzut de patru ori decît în condițiile extracției și a prelucrării la suprafață. Prin explozia nucleară subterană s-ar obține hidrocarburi rezultate prin efectul termic al exploziilor.

O metodă pentru recuperarea țițeiului din șisturi bituminoase a fost elaborată de firma „Equity Oil Co" din Salt Lake City (S.U.A.), prin injectarea de gaze fierbinți în masa șisturilor. Sub influența gazelor, kerogenul din șist se transformă într-un țiței lichid brut, care se trece, apoi, tehnologiilor de prelucrare. Procedeul a fost aplicat și în teren, în bazinul Creeck din Colorado. Cu ajutorul unei sonde de injecție și patru sonde de extracție s-a obținut pînă la 25 galoane țiței brut la tona de șist.

O metodă de preparare a țițeiului din șisturi a fost elaborată și de colectivul de cercetători ai Universității Utah, prin injectarea unor gaze fierbinți în șisturi, la temperatura de 800°F. Se obține un țiței brut cu punctul de solidificare la temperatura de —20°C. Acest țiței nu conține azot.

O altă metodă propusă este cea pentru exploatarea șisturilor bituminoase cu ajutorul curentului electric, de înaltă tensiune. Sub acțiunea acestui curent, în șisturi apar fisuri, care înlesnesc intrarea oxigenului și întreținerea procesului de ardere. Se produce o distilare uscată a șisturilor și rezultă țițeiul. Pentru a avea un flux de aer în șisturi, în acestea — din loc în loc — se produc explozii cu încărcături mici de nitroglicerină.

Una dintre cele mai mari formațiuni geologice de șisturi purtătoare de hidrocarburi, „Green River" din Colorado-Utah, a fost în atenția economiștilor din Statele Unite. S-a obținut petrol din șisturi, întrebuințat drept combustibil pentru mașini, căi ferate și camioane. Cantitatea de combustibil gazos recuperabil din aceste șisturi ar fi de opt ori mai mare decît rezervele de gaze naturale ale lumii. Aceleași șisturi bituminoase ar asigura o cantitate de petrol de trei ori mai mare decît rezervele de petrol ale lumii și de 30 de ori mai mare decît rezervele de petrol cunoscute în subsolul Statelor Unite.

Prin „Great Canadian Project" a fost aleasă o suprafață convenabilă, de aproximativ 20 km², în care grosimea nisipurilor bituminifere atinge valori de la 30 la 70 m. Din cantitățile extrase, supuse unui complex tehnologic, se obțin mai multe sortimente: cocs, păcură, gazolină, benzină ș.a. la o producție globală de 45 000 barili de țiței la zi.

Prin alt proiect din aceleași nisipuri bituminoase se prelucrează cantități mai mari; pentru obținerea a 130 000 barili de petrol la zi.

Firma vest-germană „WEBA" se preocupă de valorificarea șisturilor bituminoase care în R. F. Germania se găsesc în cantitate de 300 milioane tone. Firma s-a asociat cu compania „Petroleas" din Venezuela, în al cărei teritoriu se găsesc sute de miliarde de tone șisturi bituminoase.

Exploatarea șisturilor bituminoase și a nisipurilor bituminifere asociază unele dezavantaje față de obținerea petrolului și a gazelor naturale prin metodele clasice, prin sonde de extracție. Adesea este necesară derocarea unor mari depozite sedimentare acoperitoare sau investiții tot așa de mari în exploatarea subterană. Urmează apoi impactul cu mediul înconjurător care trebuie protejat. Ne-

voia de sortimente (carburanți, lubrefianți, materii prime în industria chimică), cum și posibila recuperare a unor metale ca: aluminiu, calciu, fier, vanadiu, cupru, molibden, crom, zinc, obligă economia să apeleze la marile rezerve de acest fel.

Dinamica cercetării în domeniul hidrocarburilor

Nivelul tehnic, într-o continuă și impresionantă dezvoltare, a înlesnit îmbunătățirea mijloacelor și a metodelor de cercetare, oferind noi ipoteze și noi metode de lucru. Cercetarea geologică de detaliu a structurilor purtătoare de hidrocarburi a stabilit noi legități în constituirea faciesurilor și a conținutului posibil în materia organică cuprins în acestea; a descifrat structura capcanelor și legătura acestora cu tectonica de detaliu în care apar, legătura dintre faciesurile de petrol și paleogeomorfologia.

O participare adesea decisivă în cercetarea acumulărilor de hidrocarburi în scoarța terestră o are geofizica și noile posibilități de investigație fizică. Dintre metodele de cercetare geofizică prioritară este metoda seismică, urmată de cea gravimetrică și magnetometrică.

Perfecționarea aparatelor a dus la ridicarea acuității și a puterii lor de investigație și, prin aceasta, la adaptarea cercetării la iuțeala de zbor a avioanelor. Fotografiile în infraroșu asigură cercetarea din avion a terenurilor acoperite de nori, de vegetație, de ape. Ridicările aerofotogeologice aduc informații asupra structurilor geologice, asupra solului și a vegetației, asupra unor caracteristici geochimice, privind teritorii întinse ca Sahara, Siberia, Canada, pădurile tropical-ecuatoriale africane și sud-americane. Se fac ridicări fotogeologice în culori deasupra întinderilor oceanice.

Pe baza investigațiilor geologice și geofizice se cercetează, în continuare, pe două direcții:

— pe uscat în zona de suprafață, prin foraje la adîncimi mici și mijlocii, iar în cîmpurile petrolifere, solicitate în trecut, se trece la forajul de mare adîncime;

— pe platforma continentală (shelf), sub apele marine la diferite adîncimi, pînă la sute de metri;

— în largul oceanelor, pînă la adîncimi de 3 000—6 000 m.

Pe uscat, în teritoriile mai nou descifrate sub raport geologic, cercetarea prin foraje se face la adîncime mică și mijlocie. Dacă este necesar, se execută și foraje structurale de adîncime. Aceleași foraje se fac și în regiunile exploatate intens trecînd sub nivelul exploatat pînă în cristalinul din fundament.

Cel mai adînc nivel de cercetare prin foraj structural a fost realizat de sonda Rogers-1 în Statele Unite, pînă la 9 600 m, după un alt foraj structural, efectuat de sonda Baden-1, pînă la adîncimea de 9 150 m. Extracție de petrol de la mari adîncimi se face în Statele Unite (de la 6 783 m) și în U.R.S.S. (peninsula Apșeron, bazinul Caspic).

Pionierat în cercetarea submarină a hidrocarburilor

Cea mai veche sondă deviată de pe uscat sub apele marine a fost efectuată în Statele Unite (1896). Sonde de cercetare în lacul Maracaibo (Venezuela) au fost executate în anul 1930.

Tabelul XV

Estimații asupra resurselor (R) sau rezervelor (r) submarine de combustibili fosili (miliarde t.e.c.).

	Cuantum	*% din totalul resurselor (rezervelor)*
Petrol		
(r)	36,1	28
(R)	108,0	22
Gaze naturale		
(r)	6,0	7
(R)	95,7	32
Cărbuni		
(R)	537,7	6
Șisturi bituminoase și nisipuri asfaltice	249,0	29
Uraniu	83,2	

t.e.c. (tone echivalent cărbune)

Sursa : Energy from the Ocean, Congressional Research Service, US Government Printing Office, April 1978.

Cele dintîi cercetări de detaliu în platforma (terasa) continentală au fost începute în anul 1947 de către Statele Unite ale Americii care au cercetat și au identificat continuarea structurilor petrolifere din Louisiana și Texas sub apele Golfului Mexic. Între anii 1947—1960, au fost forate 3 800 sonde sub apele golfului, cu un plan pînă la 1 000 locații pe an. Rezultatele au fost pozitive, în proporție de 70%. În acest golf în anul 1968, Observatorul geologic al Universității din Columbia (Statele Unite) a urmărit pe baza unui plan de cercetare amănunțit, structurile salifere și petrolifere, identificînd mii de structuri geologice bogate în lentile de sare care au aceleași caracteristici ca și lentilele din scoarța continentală, de ele fiind legate și acumulări de petrol. Observatorul geologic al Universității Columbia (S.U.A.) și-a construit și dotat vasul „Glomar Challenger" în scopul cercetării structurilor petrolifere submerse.

Statele Unite au început cercetarea platformei continentale în apropierea peninsulei Alaska, în apropiere de coasta Californiei și în lacul Michigan, apoi în zona Mării Bering. În apele Golfului Mexic au început cercetări și mexicanii, care au descoperit, în anul 1958 zăcămîntul din apropierea localității Santa Ana, zăcămînt care a asigurat de la început o producție de 800 000 t petrol pe an.

În zona Mării Caraibilor este de menționat zăcămîntul Soldado descoperit în Golful Paria, insula Trinidad. Venezuela are jumătate din rezervele de petrol în structuri geologice acoperite de apele lacului (lagunei) Maracaibo.

În regiunea celuilalt pol al petrolului, în regiunea Marea Caspică, în mai multe structuri submerse, au început cercetări încununate de succes. Uniunea Sovietică extrage petrol din Marea Caspică (Peninsula Apșeron) încă din 1960, în cantități de mai multe milioane de tone anual. Rezultate excepționale au fost obținute în apele Golfului Persic: Arabia Saudită (cu structura Safaniya), Kuweitul (structura Kafji). Au urmat cercetări și rezultate pozitive obținute de Iran, Qatar, Abu Dhabi. Arabia Saudită a obținut rezultate și în apele canalului de Suez, descoperind zăcămintele de la Belayin și El Morgan. Libia a obținut rezultate în Golful Syrta. Au urmat cercetări încununate de succes, efectuate

de Nigeria, de Franța în Golful Biscaya. Sînt cunoscute rezultatele obținute în Marea Nordului, cu bogatele ei structuri petro-gazeifere.

La noi în țară se fac forări în zona platformei continentale a Mării Negre.

Zone de perspectivă pentru producția de hidrocarburi

Zone de perspectivă în bazinele sedimentare. Prezintă interes bazinele permo-triasice din Europa Centrală, prin grosimea mare a sedimentelor (4 000—6 000 m), prin intercalațiile de gresii de vîrstă permiană, de origine aluvială și eoliană (dune), cu porozitate și permeabilitate care permit înmagazinarea hidrocarburilor. În stiva de sedimente există și sîmburi de sare, de vîrstă permiană. În tectonica acelor formațiuni sedimentare apar capcane structurale favorabile acumulărilor de hidrocarburi.

În U.R.S.S. prezintă interes printre alte bazine și Kara-Kum, Terek, Azov-Kuban. Predomină formațiuni epipaleozoice cu o largă variație litologică și stratigrafică.

Cercetări geologice efectuate pe coasta estică a continentului african recomandă prospecțiuni pentru identificarea unor structuri petrolifere, la fel pentru Africa centrală și Africa de sud.

Cercetările efectuate în America de Sud sugerează existența unor foarte bogate structuri petro-gazeifere, mai ales pe coasta atlantică (Argentina, Brazilia), în zone mai puțin cercetate. În Brazilia, în zona litorală a teritorului Amapa în Campo de Pirapena, au fost descoperite, în 1970, valoroase structuri gazeifere.

Prezintă interes, în general, toate platformele continentale cu depozite groase de peste 1 000 m a formațiunilor depuse în mări epicontinentale. Prezintă interes și continentul Antarctica.

Regiuni de perspectivă în bazine marine adînci. Platforma continentală acoperită de ape marine și oceanice are o suprafață totală de aproximativ 55 mil. km². În acest teritoriu au fost efectuate foraje cu care s-au conturat zăcămintele de petrol și de gaze submarine în exploatare. Trecînd de limita platfor-

melor continentale înspre largul oceanelor și a mărilor adînci se încearcă să se elaboreze ipoteze pe baza cărora să se înceapă investigația și în aceste vaste întinderi de apă.

Dată fiind importanța temperaturii în formarea și migrarea hidrocarburilor, se apreciază că localizarea unor zăcăminte de hidrocarburi nu poate fi acceptată decît sub o grosime de cel puțin 1 000 m a sedimentelor acoperitoare. Se știe că grosimea sedimentelor este minimă în regiunea dorsalelor oceanice și că grosimea crește în spre continente, în structurile marginilor acestora, care pot fi mai liniștite cu sedimentele puțin tectonizate, afectate de un magmatism de mică importanță locală, cu bazine de subzidență care acumulează strate groase de sedimente. Este cazul limitelor Oceanului Atlantic spre deosebire de limitele Oceanului Pacific, care au fost afectate de procese tectonice repetate, pe urma cărora bazinele de sedimentare au fost fragmentate.

Cercetări în mări adînci au fost efectuate începînd cu Golful Mexic, Marea Caraibilor, în partea de est a Oceanului Pacific, în Marea Tasmaniei, în regiunea Balearelor, în Oceanul Indian etc.

Unele dintre vetrele adînci ale mărilor au funcționat în trecut ca zone ridicate, supuse apoi scufundării, au dat denivelări de forma unor cuvete sau grabene încărcate cu stive groase de sedimente.

Interesează însă și *zonele de contact* dintre continente și oceane, mai ales cînd conțin guri de vărsare desfășurate pe suprafețe întinse, cum sînt deltele. În delte se adună un bogat material organic, care se îmbogățește în cazul cînd delta și zonele învecinate sînt supuse unui proces de subzidență, adică de scufundare lentă.

Au fost efectuate cercetări, adesea de detaliu, asupra deltelor din trecutul geologic, cu concluzia că acestea conțin înmagazinate importante cantități de materie organică și de hidrocarburi. Multe și bogate zăcăminte sînt cantonate în paleodelte. Ca paleodelte de vîrstă terțiară (neozoică) se citează: Niger, Irrawaddy, Maracaibo, estul Venezuelei, coasta Golfului Mexic, Koock Inlet (Alaska), Cambay și Gippsland în Australia.

Paleodelte, de vîrstă cretacică au fost detaliate în Alberta, și în alte părți. Paleodelte mai vechi, de vîrstă

paleozoică, sînt în bazinul Appalachian, Illinois etc. De vîrstă permo-triasică este paleodelta Prudhoe Bay.

Cercetările geologice și geofizice aduc noi date privind edificiul așa de complicat al depozitelor sedimentare în care se găsesc și din care provin hidrocarburile (petrolul și gazele naturale).

În țara noastră se cercetează, după concepții noi și cu metode adecvate, toate regiunile și zonele vechi productive, pînă la adîncimea de 3 500 m, pentru a se identifica noi structuri productive și mai ales să se identifice „capcanele" complexe, încă necunoscute. S-a trecut la cercetarea sub 3 500 m, pînă la 8 000 m.

Pentru cercetarea la mare adîncime, forajul geologic va fi susținut de creșterea vitezei de lucru, de îmbunătățirea calității utilajelor și a aparatelor necesare în investigarea găurilor de sondă. Cu ajutorul probatoarelor de strat se va determina în timpul forajului conținutul de fluide din stratele străbătute.

Cercetarea va depune un interes sporit pentru identificarea capcanelor subtile. În acest scop, concepția de lucru este prioritară și impune răgazul și documentarea necesară, apoi apelul la tehnologia adecvată.

Imperativul actual și de viitor este recuperarea la maximum a hidrocarburilor din zăcămintele în exploatare, prin extracția secundară, injecția în zăcămînt a apei, aerului, a gazelor de sondă, prin recuperare terțiară (chimică și termică).

A fost inițiată exploatarea prin metode miniere a formațiunilor petrolifere de mică adîncime, la Sărata Monteoru. Metoda se va aplica și în alte structuri asemănătoare.

Ca zone de perspectivă pentru identificarea de noi structuri petrolifere și gazeifere, se recomandă în primul rînd descifrarea sedimentelor cretacice, paleogene și miocene inferioare din flancul intern al avanfosei și cele din zona flișului paleogen din Carpații Orientali. Aceste depozite conțin gresii cu foarte bune calități de rocă rezervor (magazin) pentru hidrocarburi, în alternanță cu rocile argiloase, marne nisipoase, cu conținut organic probabil cu rol generator de hidrocarburi. Pînzele de șariaj pot servi ca ecran, iar zonele ridicate tectonic ar putea constitui capcane de diferite forme pentru zăcăminte secundare de hidrocarburi.

Zona cutelor diapire Buzău—Ploiești—Tîrgoviște—Ploiești conține sedimente neogene de argile, marne, cu intercalații de nisipuri și gresii, roci generatoare și roci magazin pentru hidrocarburi, localizate apoi în zăcămînt secundar în fracturile și breciile determinate de sîmburii de sare.

Alte zone sînt Depresiunea Getică, Platforma Moesică, cu zăcăminte în exploatare, cu zone de perspectivă (la vest de București) și sub apele Mării Negre. Obiective de cercetare constituie și zonele de subsidență.

În zona de vest a țării se cercetează extinderea structurilor petrolifere în exploatare și se stabilesc premise pentru cercetarea nivelelor mai adînci.

Sînt premise pentru cercetarea nivelelor adînci, între 4 000 și 7 000 m, în depresiunile palogene din flișul Carpaților Orientali, de 4 000—6 000 m în avanfosa carpatică; de 4 000 la 5 000 m în Platforma Moesică, de 6 000 m în Platforma Moldovenească.

Cercetarea nivelelor adînci este încurajată și de prezența în adîncime a unor intruziuni magmatice, cuptoarele calde care înlesnesc procesele de bituminizare și de migrare a hidrocarburilor.

Pentru investigarea subsolului Mării Negre s-au construit platforme marine de foraj care vor putea opera pînă la 200 m adîncime.

Capitolul 7

RADIOACTIVITATEA. COMBUSTIBILII NUCLEARI

O cucerire a secolului nostru, de cea mai mare importanță în energetică și în progresul științei, este radioactivitatea și dezintegrarea nucleelor atomice.

Scurt istoric

Drumul spre marile descoperiri din prima jumătate a secolului al XX-lea a fost deschis de către *H. Becquerel* (1852—1908), în anul 1896, cînd a descoperit radio-

activitatea uraniului, după ce cu un an mai înainte W. C. Röntgen (1845—1923) a descoperit razele X.

În anul 1898, Pierre Curie (1859—1906) și Marie Sklodowska-Curie (1867—1934) au descoperit poloniul, radiul și thoriul. În anul următor, E. Rutherford (1871—1930) a descoperit radiațiile alfa și beta: radiația α (alfa) mai puțin pătrunzătoare, în fond atomi de heliu ionizați; radiația β (beta) mai pătrunzătoare, radiație cu sarcină negativă, sarcină elementară, considerată electron, acesta fiind descoperit de J. J. Thomson (1826—1909), în anul 1897. În același an (1899), J. Ester (1854—1920) și H. F. Geitel (1855—1928) au descoperit legea exponențială a dezintegrării radioactive.

În anul 1900, E. Rutherford și F. Soddy (1872—1950) au considerat radioactivitatea ca un fenomen de transmutație a atomilor (elementelor). Tot în același an, M. Planck (1858—1942) a formulat teoria cuantelor de lumină.

A. Einstein (1879—1955) a formulat relația $E = mc^2$ în cadrul teoriei relativității, în anul 1905. Fizicienii în primul deceniu al secolului al XX-lea au stabilit că un atom radioactiv suferă o transformare spontană însoțită de emisia unor radiații, că un atom al unui element se transformă în alt atom.

E. Rutherford, H. Geiger (1882—1945), E. Marsden (1884—?) în anul 1911 au efectuat primele experiențe de împrăștiere a particulelor alfa pe atomi. Au descoperit existența nucleului atomic și au propus modelul planetar al atomului. Tot E. Rutherford, în 1911, Niels Bohr (1885—1962), în 1913, J. J. Thomson (1856—1940) și F. Soddy au făcut cercetări care au dus la descoperirea izotopilor. Primul exemplu: neon-20 și neon-22, cu proprietăți aproximativ identice. În anul 1919, F. W. Aston (1877—1945) a descoperit izotopi stabili la un mare număr de elemente. Transmutațiile radioactive sînt posibile cînd un nucleu este bombardat cu particule capabile să intre în interiorul lui. Prin bombardarea azotului cu radiații alfa, apar ioni de hidrogen sau protoni. S-a constatat că energia cinetică a protonilor emiși poate fi mai mare decît cea a particulei α incidente și că, prin urmare, energia internă a nucleului intervine în fenomenul de transmutație radioactivă (Rutherford). A fost realizată prima reacție nucleară (Rutherford 1919). În 1929, A. Atkinson (n. 1898) și F. G. Houtermans (n. 1903),

au formulat ipoteza reacțiilor nucleare din Soare. Urmează descoperiri în legătură cu particulele nucleare. În 1931, R. Chadwick (n. 1891) a descoperit neutronul, iar C. D. Anderson (n. 1905) a descoperit pozitronul, în 1932.

Au fost efectuate numeroase transmutații a unui mare număr de elemente ușoare, prin bombardarea cu radiațiile alfa ale poloniului. În 1933, J. D. Cockroft (n. 1897) și C. Walton (n. 1903) au construit un accelerator de particule, folosind un generator de înaltă tensiune, cu care au pus în evidență importanța protonilor ca particule-proiectile, folosind protoni cu viteze mari.

Între anii 1934 și 1938 au fost puși în evidență neutronii, neutrinii, pozitronii și electronul pozitiv. În 1934, E. O. Lawrence (1901—1958) a construit primul ciclotron.

În 1934, Irène Curie (1897—1956), Fr. Joliot-Curie (1900—1958) au realizat radioactivitatea artificială. Asemenea experiențe au mai efectuat R. Oppenheimer (n. 1904) și Nedelsky, prin care s-a constatat că pot apărea radioelemente noi prin iradierea elementelor cunoscute cu diverse proiectile, protoni, deuteroni și neutroni. Acceleratoarele de particule produceau cantități mari de radioelemente artificiale. Apărea o știință nouă, chimia nucleară. În anul 1939, Lise Meitner (n. 1878—?), O. Hahn (1879—?), O. Frisch (n. 1904) și F. Strassman (n. 1902) au experimentat fisiunea uraniului. În 1940 au fost descoperite primele elemente transuraniene. În același an, D. W. Kerst a pus în funcție primul betraton.

În 1941, G. N. Florov și K. A. Petrjak au experimentat fisiunea nucleară a unor elemente grele. În anul 1942, E. Fermi (1901—1954) și colaboratorii, cu ajutorul unui reactor nuclear construit la Chicago, au efectuat prima experiență de fisiune în lanț, controlată de om. Aceștia au reușit să producă izotopii radioactivi ai tuturor elementelor cunoscute, cu excepția hidrogenului, a beriliului și a unor elemente cu radioactivitate naturală.

În reacțiile studiate de Fermi, un neutron este capturat de nucleul iradiat. Noul nucleu format eliberează o parte din energia acumulată și emite radiație. Noul nucleu este un izotop al elementului inițial, de regulă instabil din cauza excesului de neutroni, ceea ce duce la dezintegrarea lui, cu emisia a 1—2 neutroni suplimentari prin care se asigură o reacție în lanț.

În 16 iulie 1945, a fost efectuat experimental prima explozie atomică, la Alamogordo, în New Mexico (S.U.A.).

În zilele de 6 și 8 august 1945 au fost efectuate bombardamentele atomice de la Hiroshima și Nagasaki.

După circa zece ani s-a trecut la folosirea energiei nucleare pe bază de uraniu în economie, prin construirea primei centrale atomice de producere a energiei electrice la Obninsk (U.R.S.S.).

Combustibilii nucleari

Elemente radioactive cu importanță în energetică

Au fost descoperite mai multe elemente radioactive, însă interesul pentru energetică, în prezent, se acordă în primul rînd uraniului.

Uraniul are numărul de ordine 92 și masa atomică 238,07. Este un metal care, în secțiune, seamănă cu oțelul. Are greutatea specifică 19,05, apropiată de cea a aurului pur (19,30).

Uraniul este compus din trei izotopi: U^{238}, uraniul II U^{234}, U^{235}. Izotopul care interesează din punct de vedere energetic este U^{235}, singurul care are proprietatea de a fisiona sub acțiunea neutronilor lenți, cu energia de 0,205 MeV. Izotopul U^{238} este și el fisionabil, însă numai sub acțiunea neutronilor rapizi, cu energia de ordinul 1 MeV. Dintre cei doi izotopi fizionabili U^{235} se găsește în cantitate foarte redusă; reprezintă 1/140 din amestecul natural de izotopi ai uraniului, deci într-o cantitate foarte mică în natură.

Un minereu de uraniu, cu un conținut de 0,1% U_2O_8, este considerat rentabil din punct de vedere economic. La acest conținut, într-o tonă de minereu se găsește 1 kg uraniu și, din acesta, numai 7,1 g U^{235}. Uraniul U^{234} se găsește în proporții cu totul reduse și nerecuperabil.

Sub acțiunea unei iradieri îndelungate cu neutroni rapizi, într-un reactor nuclear, U^{238} se transformă în *plutoniu*, element cu numărul de ordine 94 și masa atomică 242. Plutoniul este și el fisionabil și poate fi folosit drept combustibil nuclear.

În sistemul periodic al elementelor, după actiniu, cu numărul de ordine 89, urmează grupul de elemente numite actinide, între care primele trei: thoriul, protactiniul și uraniul sînt naturale; celelalte — elementele transuraniene — au fost obținute în mod artificial.

Dintre proprietățile specifice uraniului sînt de menționat: radioactivitatea, însușirea izotopului U^{235} de a fisiona cu degajare de mari cantități de energie sub acțiunea unor neutroni termici și însușirea izotopului U^{238} de a capta neutroni rapizi și de a deveni, prin aceasta, fisionabil, putîndu-se transforma în elemente transuraniene.

Sub acțiunea neutronilor termici cu energia de 0,025 MeV uraniul — 235 fisionează cu degajarea unei enorme cantități de energie. Reacția de fisiune în lanț se produce numai în masa elementului fisionabil (combustibilul nuclear) care are o anumită valoare, numită: *„masă critică"*. Pentru U^{235} masa critică este 900—1 000 g. Prin fisiunea unui singur nucleu de U^{235} se degajează o energie de 200 MeV. Prin fisiunea cantității de 900—1 000 g se obține o cantitate de energie 50 000 G cal/zi.

Captarea neutronilor în nucleul atomic este o urmare a faptului că neutronii sînt lipsiți de sarcină electrică și nu sînt respinși de particulele încărcate electric, din atomi. Într-un reactor cu neutroni rapizi, U^{238} trece într-un izotop artificial al uraniului care are masa atomică 239, (U^{239}). Acesta, avînd o perioadă de înjumătățire foarte scurtă, prin radiație se transformă în *neptuniu*, cu numărul de ordine 91, Np^{239} care, tot prin radiația β, se transformă în *plutoniu*, element artificial, cu numărul de ordine 94, cu greutatea atomică 239.

Izotopul obținut, Pu^{239}, este fisionabil prin captare de neutroni și poate fi utilizat ca și U^{235} în reacțiile nucleare energetice.

Alt element radioactiv *thoriul*, cu numărul atomic 90 și masa atomică 232,04 este mai slab radioactiv decît uraniul.

În reziduurile de la prepararea pechblendei a fost descoperit elementul *actiniu*, cu numărul atomic 89 și masa atomică 227. Se găsește în pechblendă în proporție de 0,15 mg la tonă și într-o proporție constantă de 1 : 300 față de radiu.

În anul 1917, cercetînd reziduurile de pechblendă, O Hahn și Lise Meitner au descoperit protactiniul, element emițător de raze alfa. Cercetările de laborator au demonstrat că U^{235}, în urma unei emisii de raze alfa, trece în actiniu Y cu numărul de atomi 90 și masa atomică 231, care, la rîndul lui, în urma emisiei de raze beta, se transformă în protactiniu, cu numărul atomic 91 și masa atomică 231.

Minerale și minereuri de uraniu

Minereurile radioactive se găsesc răspîndite mai ales în partea superficială a mantalei terestre și în tectonosferă, pe o adîncime de aproximativ 200 km sub suprafața planetei. Masa atomică însă ar pleda pentru a fi așezate mult mai în interiorul Pămîntului, la un loc cu alte elemente grele. Pentru poziția acestor minerale în partea exterioară, un rol determinant l-a avut raza atomică. Uraniul, ca și bariul, își află o mai bună răspîndire în partea mai de suprafață a masei terestre solide.

Clarckul uraniului, adică proporția în care acest element participă la compoziția chimică a scoarței terestre, este cuprins între $3 \cdot 10^{-4}$ și $3 \cdot 10^{-5}$%; după alți cercetători este $4 \cdot 10^{-4}$%. Ar rezulta ca fiecare tonă de rocă din scoarța terestră să conțină 2—4 g uraniu. În scoarța terestră se găsește de 800 de ori mai mult uraniu decît aur; mai mult decît argintul, vanadiul, mercurul, cadmiul, bismutul; mult mai puțin cuprul și plumbul.

În apa rîurilor și a lacurilor se găsește uraniu în proporție de 10^{-4} pînă la 10^{-5}% U, ceea ce pledează pentru concluzia că fiecare om, în cursul existenței sale, consumă cîteva zeci de grame de uraniu.

Numărul mineralelor cu conținut de uraniu se ridică la aproximativ 200, sub forma de oxizi anhidri, combinații hidratate și silicați de uraniu. Din prima categorie face parte *uraninitul* (UO_2), unul dintre cei mai importanți oxizi, ca sursă de uraniu. Are culoarea neagră uneori slab violetă, în mase colomorfe, reniforme sau stalactitice. Apare sub forma unor concentrații în pegmatite granitice și sienitice în care se găsește în amestec cu mineralele pămînturilor rare cu conținut de tantal, niobiu sau în compoziția turmalinei, micelor, feldspaților; apare și în zăcăminte hidrotermale, în asociație cu arse-

Consumul și resursele de uraniu pe plan mondial

	1980	*2025*
Putere instalată în centrale nucleoelectrice (MW)	142	2 000—4 000
Consum uraniu (mii t)		
— reactori de tip actual	(30)*	260—590
— preponderență a reactorilor regeneratori după anul 2000		47—48

Resurse de uraniu (mii t)	Consum cumulat 1980—2025
— rezerve (exploatabile la un cost sub 80 dolari/kg) (3 330)*	— reactori de tip actual 6 710—12 040
— rezerve (exploatabile la un cost sub 130 dolari/kg) (5 040)*	— proponderență a reactorilor regeneratori după anul 2000 3 420—4 590
— resurse 10 100—22 100	

* fără țări socialiste

Sursa : Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'O.C.D.E., Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Uranium-Ressources, production et demande, 1980, United Nations, Yearbook of World Energy 1980, New York 1982.

niuri de nichel, cobalt, bismut nativ, arsen nativ, argint, carbonat de calciu și carbonat de fier. Uraninitul, în zonele de oxidare, se descompune într-un mare număr de minerale exogene de uraniu, colorate în verde, galben, portocaliu.

Cel mai mare zăcământ de uraninit se găsește în Canada, în apropiere de Lacul Ursilor (Grote Bear Lake), mai la nord de Cercul polar, în roci de vîrstă precambriană. Este cel mai vechi între mineralele de uraniu cunoscute (aproximativ 1,3 miliarde de ani). Un alt zăcământ important de uraninit se găsește în Zair, regiunea Shaba.

Cel mai important mineral de uraniu este *pechblenda* (U_3O_8). Este de culoare neagră și are structură criptocristalină. Compoziția chimică este complexă și variată, dar lipsită de thoriu și de pământuri rare. Conține PbO, NiO, Fe_2O_3, V_2O_3, CuO, CaO. Se prezintă în agregate colomorfe, cu creșteri zonare, concentrice.

Dintre mineralele primare de uraniu, în mod excepțional se găsesc unele cu o compoziție mai complexă, ca: *davidit*ul, titanat de uraniu, fier și alte elemente, cunoscut la Radium Hill în Australia; *braunerit*ul, un oxid de uraniu și oxid de titan, descoperit în Canada, la Blind-River.

Din categoria micelor uranifere — grupă de fosfați, arseniați și vanadați bazici hidratați — săruri duble ale metalelor bivalente cu uraniul, fac parte torbernitul, autunitul, tyuyamonitul și carnotitul, care în concentrații însemnate pot constitui surse de uraniu, radiu și vanadiu.

Torbernitul [$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2$ 12 H_2O] cu un conținut de 57,50% UO_2 apare în pegmatite și în zonele de oxidare ale zăcămintelor hidrotermale de uraniu, wolfram și staniu, asociat cu minerale primare de uraniu și plumb. Se găsește și în zona de oxidare a zăcămintelor menționate.

Autunitul [$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2$ 8 H_2O] conține 62,7% UO_2. Mai conține actiniu și poloniu. Are culoare verde, gălbuie, pînă la galben, culoarea sulfului, cu structura în foițe asemănătoare celor de mică, uneori sub formă de solzi. Se găsește la Autun (Franța), în R.D.G., la Radruth, în Peninsula Cornwall (Marea Britanie) și în Republica Madagascar.

Tyuyumanitul [$Ca(UO_2)_2(VO_4)_2$ 8 H_2O] are un conținut de 59,96% UO_2. Apare sub formă pămîntoasă, fin solzoasă, ca eflorescențe și cruste, de culoare galben strălucitoare, adesea cu nuanțe verzui portocalii. Se formează în zona de oxidare a zăcămintelor primare, în prezența substanțelor organice, se poate forma și din carnotit. Zăcăminte mai importante se găsesc în U.R.S.S. și în S.U.A.

Carnotitul [$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2$ 3 H_2O] a fost descoperit prima dată în gresiile vanadifere din platoul Colorado. Are o culoare galben deschisă sau galben-verzuie. A fost exploatat mult timp pentru vanadiu. A mai fost desco-

perit și în gresiile calcaroase din Zair (Shaba) și la Radium-Hill în Australia.

Minereurile de uraniu trebuie să întrunească anumite condiții de puritate, care, în cazul utilizării în energetică, exclude elementele cu o secțiune de captură ridicată a neutronilor. În cazul că în uraniul metalic rămîn astfel de elemente, neutronii cu care se tratează uraniul, în vederea fisiunii nucleare, în loc să fie capturați de nucleii uraniului, vor fi reținuți de elementele însoțitoare care au o secțiune de captură ridicată, ceea ce duce la frînarea fenomenului de fisiune nucleară.

Altă condiție este cea legată de conținutul în uraniu al minereurilor. Pe aceste criterii au fost stabilite trei categorii de minereuri, fiecare cu un preț de cost propriu, de care se ține seama și în investițiile pentru cercetare, exploatare și vînzare.

Thoriul. Se găsește în scoarța terestră în cantități comparabile cu plumbul și beriliul. Apare asociat în alte minerale (ca element secundar): în monazit, înlocuiește o parte a pămînturilor rare. În unele monazite apare împreună cu uraniul, în proporția $Th/U = 20 : 1$. Minerale proprii thoriului sînt thorita (silicat de thoriu) cu 77% thoriu, asociat cu zircon. Thorianita un oxid de thoriu (50—70% Th) cu uraniu (11—30% U_3O_8). Se întîlnește apoi destul de frecvent uranothorianita. Se obține din monazită, thorită și thorianită și ca subprodus la prepararea minereurilor de uraniu.

Thoriul este un metal de culoare albă, cu densitatea 11,7. Are punctul de topire la 1 750°C. Se aseamănă cu zirconul și pămînturile rare. Are o stabilă stare de valență (4^+).

Proprietatea cea mai importantă sub raport energetic este însușirea de a trece prin captarea de neutroni în U-233. Uraniul obținut se întrebuințează apoi drept combustibil nuclear, în amestec cu uraniul natural, cu uraniul îmbogățit sau cu thoriul-232.

Plutoniul este un element artificial, cu numărul atomic 94, identificat în anul 1942 de către G. T. Seaborg. Se afirmă că exista și plutoniu în natură, rezultat prin captarea de către nucleul uraniului-238 a unui neutron, rezultat — la rîndul său — printr-un proces de fisiune spontană a uraniului-235.

Plutoniul are mai mulți izotopi, începînd cu Pu-239 pînă la Pu-242. Cel mai important este Pu-239, acesta fiind fisionabil prin captarea unui neutron. Plutoniul apare ca element nou, un combustibil nuclear, în toate reactoarele în care uraniul natural conține U-238 ai cărui nuclei primește neutroni eliberați prin fisiunea uraniului-235. Plutoniul-239 se stabilește în barele combustibilului „ars", de unde se separă prin diferite procedee chimice. Cantitatea de plutoniu-239 este mai mare în reactoarele regeneratoare.

Plutoniul prezintă șase stări alotropice, după temperatura la care este supus. Punctul de topire este 640°C. Este un element extrem de toxic, doza mortală fiind o milionime de gram. Unele însușiri chimice sînt apropiate de ale uraniului. Se poate obține numai prin separarea chimică din combustibilul nuclear „ars".

Modul de folosire al combustibililor nucleari

Cel dintîi mod de folosire a energiei nucleare a fost ca armă de distrugere, care a hotărît capitularea necondiționată a Japoniei, în urma bombardamentului total distrugător asupra celor două mari orașe Hiroshima și Nagasaki.

Descătușarea unor asemenea energii din nucleul atomic, după foarte costisitoare investiții, nu putea să se reducă numai ca armă de distrugere. Era imperios necesar ca aceste descoperiri epocale să constituie mijloace de progres științific și economic: energia nucleară să ajute omului la rezolvarea unor nevoi urgente, cele ale energeticii. Folosirea combustibililor fosili (cărbune și hidrocarburi) ca materiale energetice și chimice avertiza cu epuizabilitatea acestora într-un viitor nu prea îndepărtat, hotărîtă de consumul dinamic care se instalase deja.

Faptul că un gram de uraniu putea elibera o cantitate de energie de trei milioane de ori mai mare decît un gram de carbon din cărbuni, petrol sau gaze naturale a fost hotărîtor. La aceasta se mai adaugă posibilitatea stocării și a transportării la mari distanțe a acestor elemente energetice.

Energia nucleară în balanța energetică mondială

	Contribuția la producția de electricitate %	*Contribuția la acoperirea consumului global de energie primară comercială* %
1965	0,6	0,1
1970	1,6	0,4
1980	8,3	2,6
2000	23,0	10,0
2020	n.d.	23,7

n.d. — nedisponibil

Sursa : Calculat pe baza datelor din United Nations, World Energy Supplies 1950—1975, World Bank, World Development Report 1983, World Energy Balance 2000—2020, World Energy Conference, Conservation Commission, 1981.

Cea dintîi centrală nuclearoelectrică, prin care energia nucleară venea în ajutorul omului, a fost dată în funcțiune la 27 iunie 1954, la Obninsk (U.R.S.S.), cu o putere instalată de 5 MWe. A urmat cea de la Calder Hall (Marea Britanie), dată în funcție la 16 octombrie 1956, cu o putere instalată de 48 MWe; cea de la Shippingfort (S.U.A.), la 2 decembrie 1957, cu o putere instalată de 100 MWe.

În anul 1965 funcționau în lume 58 C.N.E., cu o putere instalată de 6 088 MWe.

În anul 1970 funcționau în lume 87 C.N.E., de 15 334 MWe.

În anul 1973 funcționau în lume 120 C.N.E. de 38 100 MWe

1976 „ „ 179 C.N.E. de 74 000 MWe

1978 „ „ 200 C.N.E. de 100 000 MWe

La începutul anului 1979 mai erau în construcție și în proiectare alte 300 centrale nuclearoelectrice, cu putere proiectată de 200 000 MWe. Energia centralelor nuclearoelectrice în exploatare și în construcție era echivalentă cu cea eliberată de 400 mil. t de petrol, ceea ce reprezentau, la acea dată, 8% din sursele calorice ale omenirii. Important este faptul că C.N.E. deveniseră competitive cu centralele termoelectrice, care funcționau cu cărbuni și hidrocarburi. Centralele nuclearoelectrice își dovediseră capacitatea de a putea înlocui sursele de combustibili fosili.

La începutul anului 1984 erau în funcțiune peste 300 reactoare în 25 de țări, cu o participare procentuală de 10% în balanța energetică mondială. În construcție se găseau alte aproximativ 200, cu participarea cărora aportul energetic s-ar ridica la 17% în anul 1985; pînă în anul 2 000 este estimat la 25—30% (după date furnizate de Agenția Internațională de Energie Atomică). După anul 1990 capacitatea instalată a reactoarelor va depăși probabil 390 G We.

Franța și Finlanda obțin peste 40% din producția de energie electrică în centrale nucleare; Suedia, 36%; Belgia, 22%; Japonia și R.F. Germania cîte 20%; S.U.A., Marea Britanie, U.R.S.S. cîte 12%.

Din cele peste 300 de C.N.E. existente în 1984, doar 17 se aflau în curs de dezvoltare, iar puterea lor instalată nu reprezenta nici 4% din cea totală. Numai 9 din cele peste 120 de țări în curs de dezvoltare dispun de astfel de centrale.

Centralele nuclearoelectrice folosesc mai multe tipuri de reactoare: cu apă ușoară (LWR); cu apă sub presiune (PWR); cu apă grea (HWR); răcire cu gaze (AGR), la care se adaugă reactorul CANDU, canadian, reactorul VR-Voronej (U.R.S.S.) și altele. Toate aceste reactoare folosesc uraniul natural sau îmbogățit, în care 99% din uraniul natural rămîne nefolosit, ceea ce duce la ineficiență energetică, la irosirea unor rezerve de combustibili nucleari.

În energetica nucleară clasică sînt folosite două filiere de reactori: cea cu uraniu îmbogățit și apă ușoară, în care uraniul fisionabil, rămas în combustibilul uzat, poate fi reciclat sau nu, iar plutoniul produs poate fi reciclat sau stocat pentru alte reacții viitoare; cea cu

uraniu natural și apă grea în care plutoniul rezultat poate fi reciclat sau stocat pentru a fi folosit la inițierea unui ciclu nuclear cu thoriu, sau ca o primă încărcătură în reactoarele cu neutroni rapizi. Filierea a doua este mai avantajoasă.

A fost construit și reactorul LMFBA, regenerator rapid cu metal lichid. Dintre acestea, în 1982, patru erau în funcțiune, două în construcție și trei în faza de proiectare. Aceste reactoare folosesc neutronii rapizi din care un neutron menține reacția în lanț, altul convertește atomii fertili ^{238}U și thoriu (^{232}Th) în atomi fisionabili: plutoniu (^{239}Pu), și respectiv ^{233}U. Atomul fertil convertit (^{238}U și ^{232}Th) înlocuiește atomul fisionabil, pe cel a cărui fisiune a furnizat energie la începutul reacțiilor. În realitate, atomul fisionabil nu a fost uzat („ars"), ci numai înlocuit cu un nou atom fisionabil. Este uzat („ars") atomul fertil. În aceste reacții, atomii fisionabili nu mai servesc drept combustibili, ci drept catalizatori pentru convertirea atomilor fertili în atomi combustibili. Aceste reacții determină regenerarea prin care se reduce pierderea de combustibili nucleari. A mai fost construită și o a treia clasă de reactoare, cu o construcție și eficiență apropiată de a celor regeneratoare, fără să atingă nivelul acestora.

În prezent reactoarele nucleare sînt utilizate pentru producerea energiei electrice, pentru propulsarea navelor și a submarinelor, pentru asigurarea energiei în localități îndepărtate și în condiții grele de climat și de surse combustibile (zonele arctice și antarctice). Pentru viitor, astfel de construcții energetice ar putea fi folosite și ca generatoare de energie în uzinele chimice sau pentru orașe flotante în largul oceanelor pentru nave-uzină, pentru încălzirea orașelor, sub forma unor minireactoare.

Centralele nuclearoelectrice trebuie să întrunească și anumite condiții restrictive și de securitate privind impactul cu viața, cu sănătatea omului, cu protecția codului genetic al vieţuitoarelor. În acest scop, se face inventarierea izotopilor radioactivi din reactoarele nucleare, ținînd seama că radioizotopii pot părăsi din punct de vedere fizic o instalație nucleară într-un anumit ritm. Între fluxul anual al unui anumit radioizotop printr-o instalație și scăpările anuale corelate ale aceluiași

radioizotop se stabilește un raport numit factor restrictiv (FR). În cele mai multe cazuri acest factor este mare, dar radioizotopul ajuns în aer sau în apă se dispersează și ajunge în concentrații nesemnificative.

Au fost luate măsuri pentru stocarea deșeurilor radioactive. Se cercetează modul de vitrificare a deșeurilor și de păstrare în condiții care să înlăture orice risc. În acest scop au fost create standarde naționale și internaționale care garantează deplina securitate.

Rezervele de combustibili nucleari

În anii 1975—1976, datele asupra rezervelor de U_3O_8 menționau 1 500 000 t rezerve sigure și 1 200 000 t rezerve industriale. Agenția internațională de energie atomică (AIEA), într-un studiu din anul 1977, dă o cifră orientativă de 4,5 mil. t de uraniu natural (fără U.R.S.S., Europa răsăriteană și R. P. Chineză). În anul 1979, Comitetul Internațional pentru Evaluarea Ciclului Combustibilului Nuclear (INFCE) a publicat o cifră revizuită, 4,8 milioane tone la un preț mai mic de 130 dolari/kg.

În raportul Grupului pentru Programul Sistemelor de Energie al Institutului Internațional pentru Analiza Sistemelor Aplicate (HASA) este dată cifra de 24,5 milioane tone. HASA a stabilit șapte regiuni în care sînt încadrate țările deținătoare de rezerve uranifere.

Cele mai mari deținătoare de zăcăminte uranifere sînt: S.U.A., Canada, Australia.

Cantități de uraniu evaluate la 5 miliarde tone se găsesc în apa oceanelor la o concentrație de 0,0015 g la un metru cub de apă. Extracția din acest mediu este costisitoare, dată fiind concentrația extrem de scăzută a oxidului de uraniu. Japonezii au stabilit o metodă de lucru care promite rezultate. S-a lansat o concepție de a folosi filtre cu schimbători de ioni plasate în apele curenților oceanici și reținerea pe acestea a uraninitei. În granite se găsește uraniu în proporție de 3 : 1 000 000.

Gradul de asigurare al energeticii cu combustibili nucleari este hotărît de structura și tipul reactoarelor. În cazul reactoarelor termice cu apă ușoară în care numai o infimă parte a uraniului este fisionabilă, rezervele cu conținut mai ridicat ar putea fi epuizate în decurs de

3—4 decenii, la ritmul de consum energetic în creștere. În cazul folosirii reactoarelor cu neutroni rapizi, regeneratoare, actualele rezerve ar putea asigura producția de electricitate pe o durată de milenii. Se afirmă că sînt epuizabili combustibilii fosili, cei nucleari și solari nu.

Rezervele de minereuri uranifere din țările capitaliste și cele în curs de dezvoltare se încadrează în trei grupe, în funcție de costul extracției și al preparării unui funt (0,4536 kg) de uraniu după cum urmează:

— grupa I, mai puțin de 10 dolari, un funt, cca 10 dolari/kg;

— grupa II, între 10—15 dolari, un funt, cca 20—30 dolari/kg;

— grupa III, între 15—30 dolari, un funt, cca 30—60 dolari/kg.

Aceste prețuri au fost stabilite în anul 1968 și nu includ producția de uraniu, realizată ca subprodus al altor procese extractiv-metalurgice.

Cantitatea de uraniu, adesea, este exprimată în tone scurte (t.s.). O tonă scurtă este egală cu 2 000 de funți (egală cu 907,4 kg).

În ce privește interesul pentru cercetarea de noi zăcăminte, acesta se manifestă în mod deosebit față de grupele întîi și a doua. Interesul pentru grupa a treia este mult mai scăzut, de altfel și culegerea de informații pentru această categorie a fost mai puțin riguroasă.

După perioada de supraproducție a uraniului, care a avut loc după anul 1960, prin îmbunătățirile aduse ulterior, atît în extracție și prepararea uraniului, cît și în folosirea lui, s-a reluat cercetarea în structurile geologice cunoscute și similare celor productive, pentru a se descoperi noi zăcăminte cu un preț de cost mai scăzut. Se face, în același timp, și o cercetare a zăcămintelor mai sărace, avînd în vedere îmbunătățirile aduse tehnologiilor de extracție și preparare. În această concepție, au fost cercetate și studiate conglomeratele aurifere din Africa de Sud, unele șisturi din Elveția și din Statele Unite, acumulările de fosfați din Statele Unite, șisturile monzonitice din India. În condițiile create, au

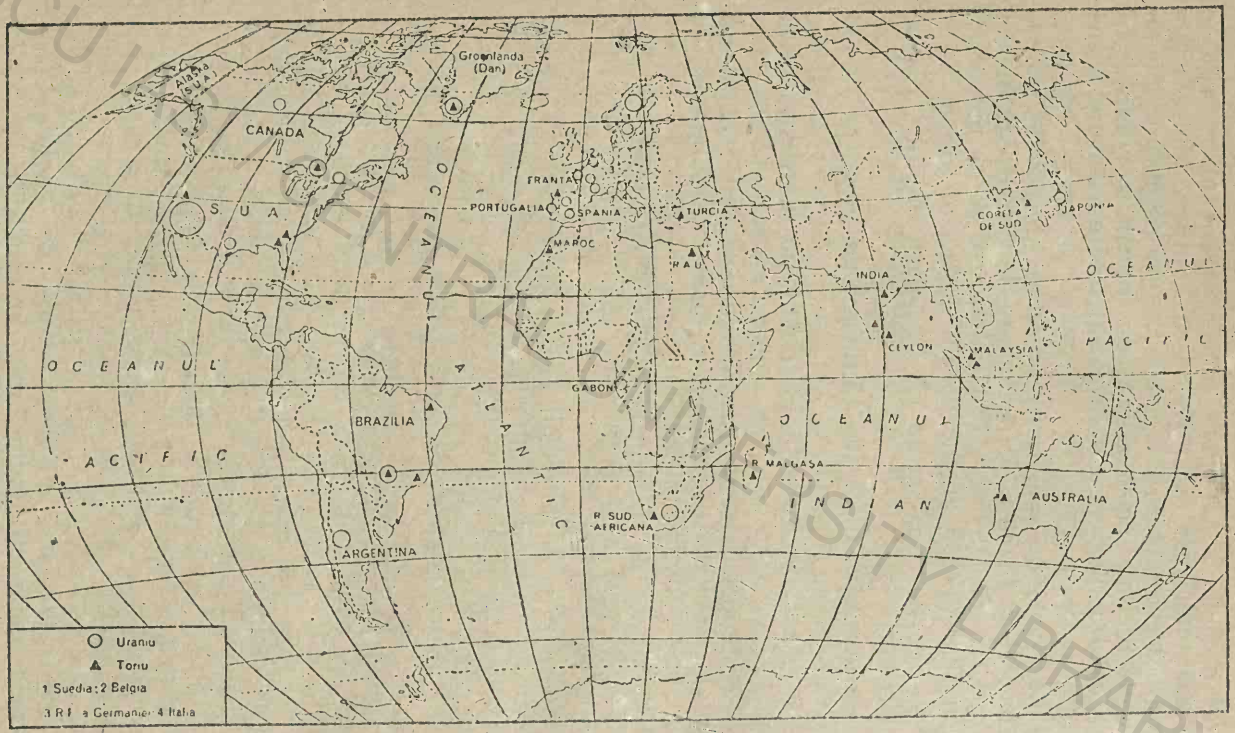


Fig. 18. Repartiția principalelor zăcăminte de uraniu și thoriu pe glob(după „World Uranium and Thorium Resurce").

fost reconsiderate zăcăminte care se încadrau anterior în grupa a treia, ca zăcămintele aurifere din Africa de Sud și cele de fosfați din Statele Unite.

În Europa. Primul zăcămînt de uraniu cunoscut a fost cel de la Ioachimov din *Cehoslovacia*, exploatat încă din secolul al XVI-lea, pentru argint și pechblendă. Minereul mai conținea nichel și zinc. Se exploata pentru argint din care se făceau bijuterii și monede. Pechblenda era folosită la colorarea sticlei. Fosforescența minereului se datorează sulfurii de zinc (blendei) fosforescente, activată de elementele radioactive conținute în minereu.

Danemarca. Nu au fost identificate mineralizații uranifere pe teritoriul continental al Danemarcei. În schimb, cercetarea geologică în Groenlanda (insulă sub administrația Danemarcei) a pus în evidență un zăcămînt în partea de nord-vest a insulei la Ilimanssaq. Mineralizația este legată de silicații hiperalcalini ai unor roci magmatice, pe o suprafață de cîteva mile pătrate.

Potențialul rezervelor este apreciat la 200 000—300 000 t uraniu și o cantitate mai mare de thoriu.

Pe o altă suprafață cu minereu de uraniu, de dimensiuni mai mici, cercetată prin foraje, a fost conturată o rezervă de aproximativ 8 000 t uraniu într-un minereu cu 400 părți uraniu la un milion părți minereu; conținutul de thoriu fiind de 1 000 părți la un milion părți de minereu. Minereul se încadrează în grupa întîi.

Franța. Zăcămintele de uraniu ale Franței, după origine și structură, se încadrează la trei tipuri principale: de origine endogenă, sub formă filoniană, în roci granitice, granitoide și de șisturi cristaline; zăcăminte stratiforme în formațiuni sedimentare de vîrstă paleozoică (carbonifer și permian); zăcăminte stratiforme în formațiuni sedimentare de vîrstă neozoică (gresii).

Zăcămintele filoniene sînt răspîndite în zonele: Morvan-Autunoie, Forenz și La Crouzille, în Masivul Central, unde să găsesc în zona Vendée. Strate uranifere se găsesc și într-un sediment vechi în regiunea Montpellier.

Rezervele de uraniu ale Franței sînt apreciate la aproximativ 40 000—50 000 t. Producția 1984 a fost de 3 020 t.

Italia este o țară săracă în minereu de uraniu. Cercetările geologice, efectuate în urmă cu două decenii, au

identificat și conturat un zăcămînt de uraniu la nord de Latium, localizat în roci vulcanice alcaline, de vîrstă neozoică. În Alpii Centrali a mai fost identificată o mineralizație uraniferă, probabil legată de zona mineralizată de la Novazza.

Pentru nevoi energetice, Italia importă minereu uranifer.

Iugoslavia dispune de zăcăminte uranifere mai ales în partea de est a țării, unde se găsesc cele mai multe și mai importante sub raport calitativ. Alte zăcăminte se găsesc la sud de Belgrad, în partea de vest a Sloveniei și în Dalmația. Mineralizațiile sînt legate de roci magmatice și sedimentare.

La început au fost estimate rezerve de peste zece mii tone, apreciind rezerve de perspectivă de aproximativ 70 000 t, cele mai multe de o calitate inferioară.

Portugalia. Zăcămintele uranifere de la Guardes, Trancoza, Aguilar da Betra și Urgeirica sînt cunoscute de mai mult timp.

Cercetarea geologică din ultimii 30 de ani, desfășurată în toate regiunile susceptibile de astfel de mineralizații, a identificat mai multe sute de zăcăminte, între care cea mai promițătoare este cea de la Azer. Mineralizațiile sînt legate de granite monzonitice și de sedimente ale paleozoicului inferior.

După exploatarea zăcămintelor de la Urgeirica, a început exploatarea unui zăcămînt situat la sud de Nisa, a cărui mineralizație este legată de șisturi și de granite paleozoice. Cantități suplimentare de minereu se extrag din zăcămintele de la Beiraz Hant-Hlentejo. Rezervele Portugaliei sînt estimate la 15 000 t U_3O_8.

Spania dispune de numeroase zăcăminte de uraniu legate de structuri hercinice și de formațiuni sedimentare noi. În structurile hercinice se găsesc mineralizațiile de la Andújar, Caceres, Ciudad Rodrigo, Val de Mascano, Villar de Peralonso, Santa Elena și Ciudad Real. Zăcămintele apar cu structură filoniană și ca zone de zdrobire, mineralizate cu pechblendă și cu fosfat de uraniu la Andújar. Regiunea cea mai intens exploatată este Cano Sanchez, cu 12 sectoare de exploatare la Cardena.

În Galicia occidentală și Catalonia uraniul este legat de zăcăminte de lignit. Între Santa Elena și Ciudad Real,

pe o distanță de zeci de kilometri, în șisturile intercalate în cuarțite siluriene, au fost puse în evidență alte zăcăminte.

Rezervele sigure au fost estimate la aproximativ 15 000 t U_3O_8, iar producția în 1982 a fost de 150 t.

Suedia dispune de cîteva zăcăminte de uraniu, localizate în sudul și în estul țării, în apropierea localităților Askersund, Aästergötland, Närke și Ostergötland. Cele mai frecvente dintre ivirile de uraniu sînt legate de șisturile bituminoase, în care conținutul de uraniu este de 0,02—0,028%. Uraniul se recuperează din cenușa șisturilor bituminoase, în care conținutul crește pînă la cîteva procente.

În *Asia* zăcămintele sînt repartizate în diferite țări.

Sri Lanka. Uraniul împreună cu thoriul și zirconul apare în depunerile monazitice aluvionare, litorale. Nu dispunem de date asupra unor zăcăminte certe de uraniu. Minereurile se prelucrează. Monazitul și zirconul se exportă sub formă de concentrate.

R. P. Chineză. Cele mai importante zăcăminte se găsesc în regiunea Xinjiang-Uygar în insula Hainan.

India dispune de cele mai bogate zăcăminte de uraniu și thoriu în întreg continentul, fără U.R.S.S. Cea mai intensă activitate pentru extracția uraniului se desfășoară în statul Bihar, unde au fost puse în evidență, în urmă cu aproximativ 22—25 ani, mai multe zăcăminte, din care unele au fost puse în exploatare intensă în anul 1968. Au fost conturate peste 70 000 t minereuri sărace, cu un conținut de 0,02—0,49% U_3O_8.

În zăcămîntul cuprifer de la Roan-Racha Pamanahar au fost definite 3 000 t rezerve sigure și 17 000 t rezerve probabile de U_3O_8 cu un conținut mediu de 0,02% U_3O_8 într-un minereu ale cărui rezerve au fost calculate la 98 000 000 t.

În India se găsesc mari cantități de aluviuni monazitice, bogate în thoriu în regiunea Travancore. Aluviunile conțin monazit, zircon, rutil și ilmenit. Aluviunile sînt de tip fluviatil și deltaic sub formă de dune și de plajă marină, în lungime de 200 km cu lățimea pînă la 1 km și grosimea de 0,6—1,5 m.

Aluviunile provin din gnaise și pegmatite erodate. Prin acțiunea valurilor asupra plajei, conținutul argilos este îndepărtat. Se produce o concentrare în loc a aluviunilor inclusiv a mineralelor valoroase de thoriu, titan și zircon, care ajung pînă la o proporție de 46—49% din masa depozitului litoral. În aceste aluviuni au fost calculate circa un milion tone rezerve, cu un conținut de 8—10,5% ThO_2.

Aluviunile monazitice din Nündakara-Karakulam provin prin eroziunea unor gresii terțiare. Au un conținut de 80% ilmenit, 4—6% rutil, 4—6% zircon, 3—5% sillimanit, 4—5% cuarț, 0,5—1% monazit, sub 0,5% granați. Aluviunile monazitice din regiunea Manavalakuraci au un conținut de 1% monazit. Monazitul conține 4—5% U_3O_8 și 19—32% ThO_2. Raportul dintre uraniu și thoriu, în monazitele din India ajunge pînă la 1 : 20—30. Alte depozite aluvionare, pe o distanță de 300 km, se întind între Kalingapalnama și Kakinada.

Rezervele monazitice ale Indiei sînt evaluate la peste 200 000 t, cu un conținut de 150 000—180 000 t ThO_2; sînt cele mai bogate rezerve de ThO_2 din lume, rezervele mondiale de ThO_2 fiind evaluate la 500 000 tone (ThO_2).

Rezervele monazitice sigure din statele Kerala și Tamil Nadu conțin 10 000 t U_3O_8. Perspectivele creșterii rezervelor de elemente radioactive sînt încurajatoare în zonele adînci din regiunea Iaduguda și în Munții Himalaya, legate de șisturi cloritice și șisturi cărbunoase, la fel în sudul Indiei legate de lignit și de argile carbonifere, în depozitele de fosfați din statul Tamil Nadu ș.a.

Pakistan. O perspectivă pentru minereuri uranifere oferă regiunea Munților Suleiman, unde au fost descoperite unele mineralizații de tip carnotitic, în gresii slab cimentate, de vîrstă neogenă.

Japonia dispune de zăcăminte de uraniu în mai multe regiuni. În partea de sud-vest a țării, în conglomeratele și argilitele de vîrstă neogenă din regiunea Ningye-Tage și Togo, mineralizațiile uranifere sînt legate de depozite organice, depuse probabil într-un mediu lacustru peste conglomerate și argile, cu concentrații în fisurile acestor roci din culcușul zăcămîntului. Depozitul are grosimea sub 2 m, întinderea aproximativ 20 km², cu o rezervă de minereu uranifer evaluată la 3,2 mil. t,

cu un conținut mediu de 0,1% U_3O_8 din care rezultă 2 027 t U_3O_8.

Mai bogate zăcăminte de uraniu au fost descoperite în anii 1967—1968 la Mitake în insula Honshu, cu rezerva de 1 300 000 t, cu un conținut de 0,1% U_3O_8, ceea ce reprezintă un kg U_3O_8 la tona de minereu. Cam de aceeași valoare este un alt zăcământ în regiunea Gifu.

Rezervele totale ale Japoniei de 2,2 mil. t au un conținut mediu de 0,1% U_3O_8.

Încheiem prezentarea zăcămintelor de uraniu din Asia cu mențiunea că posibilitățile Asiei sînt mult mai mari și că unele date nu sînt publicate; cele mai multe structuri purtătoare de minereu uranifer încă nu sînt suficient cercetate. Structurile geologice ale Asiei, așa de variate și pe un teritoriu foarte întins, sînt de natură să lanseze o bună prognoză privind rezervele de uraniu. În Asia este nevoie încă de timp și mai ales de finanțe și cadre.

Africa deține unele dintre cele mai bogate zăcăminte uranifere din lume, legate de vechi formațiuni geologice de platformă cum și de depozite epipaleozoice.

În Republica Centrafricană au fost identificate două regiuni uranifere: Bakouma, cu un zăcământ de uraniu, legat de gresii și argilite fosfatice, zăcământ evaluat la 5 000 t U_3O_8, pus în exploatare în 1972, U'Patu, la 100 km nord de Bangui, în apropierea regiunii Bakouma. Zăcământul conține o rezervă de 100 000 t și a fost pus în exploatare în anul 1968.

Zair. Conținutul ridicat al rezervelor uranifere de la Shinkolobwe, Swambo și Kalangwe au atras atenția și interes economic. Zăcământul Shinkolobwe a fost pus în exploatare în 1912, urmat apoi de celelalte două.

Mineralizația este localizată în dolomite precambriene metamorfozate, în șisturi și în cuarțite, sub formă de filoane și stocuri. În afară de uraniu, zăcămintele mai conțin cobalt, nichel, cupru, aur nativ, molibdenit, arseniuri, monazit. După o exploatare intensivă marea majoritate a rezervelor a fost epuizată. În perioada de maximă activitate, exploatarea minereurilor uranifere a determinat o scădere bruscă a minereurilor de uraniu pe piața mondială.

Gabon. Zăcămintele de uraniu ale Gabonului se găsesc la Mounana, localizate în gresii grosiere formate în precambrianul superior. Zăcămintele au fost identificate în colaborare cu o societate franceză. Exploatarea, la zi, a început în anul 1961, avînd conturată în acel timp o rezervă sigură de 5 000 t U_3O_8 și o rezervă probabilă de aproximativ 500 t U_3O_8.

Republica Madagascar. Zăcămintele de uraniu se găsesc în partea sudică a insulei, la nord de Fort Dauphin, la Belafa și Maroschi. Mineralele principale sînt monazitul și uranothorianitul. Producția anuală, la începutul exploatării a fost de aproximativ 500 t concentrate de uranothorianit și 850 t concentrate de monazit.

Maroc. Uraniul se obține ca un subprodus al fosfaților a căror rezervă a fost, la început, de 30 mil. t. Prețul de cost al U_3O_8 este variabil în funcție de conținut și de cheltuielile legate de extracție și prelucrare. Producția anuală este de aproximativ 160 t U_3O_8, rezervele fiind estimate la 6 000 t U_3O_8.

Republica Niger. Pe teritoriul Republicii Niger există o rezervă sigură de uraniu, încadrată în grupa întîi, în cantitate de 12 000 t U_3O_8 și 13 000 t, rezerve probabile.

Nigeria. Pe teritoriul Nigeriei au fost identificate și conturate cîteva zăcăminte de uraniu, importante pentru economie.

Pentru cercetarea complexă a subsolului, în vederea valorificării substanțelor minerale utile, s-a constituit, în 1967, o societate franco-nigeriană.

Zăcămîntul de la Arlet în plin deșert se află la 40 m adîncime și se exploatează în carieră. Minereul este de bună calitate. Producția de minereu brut a fost fixată la 450 000 t/an în condiții fizice și financiare grele. Uzina a produs la început un preconcentrat cu o producție de 200 t/an, cu 60—70% U_3O_8, după care din 1974 a trecut la 1 000 t apoi la 2 000 t U_3O_8.

A fost calculată o rezervă de 20 000 t U_3O_8. Conținutul minereului este ridicat (2—2,5% U_3O_8).

Un zăcămînt nou a fost descoperit, în anul 1968, la Arlette, la mică adîncime. Uzina de preparare a intrat în funcțiune în anul 1973. Rezerve de minereu a fost estimată la 4 000 t.

Alt zăcămînt de uraniu a fost descoperit la Madaonela, cu un conținut de 4 000 t U_3O_8.

Somalia. În Somalia au fost identificate trei zăcăminte de uraniu. În regiunea Abir Gelle zăcămîntul conține un milion tone minereu în care s-a estimat următoarele cantități de metal: ThO_2 — 8 00; U_3O_8 — 200 t; V_2O_3 — 200 t.

În cadrul programului O.N.U., a fost descoperit al doilea zăcămînt, la Bur Oqaba. Al treilea zăcămînt, la Mogadischu este unul dintre cele mai mari din lume.

Africa de Sud are cea mai bogată regiune uraniferă a Africii, legată de formațiunile complexului sedimentar-metamorfic de la Witwatersrand, de vîrstă precambriană. Este format din conglomerate în care predomină cuarțitul, legat printr-un ciment argilos-cloritos-carbonatic, intens metamorfozat. Complexul conține și sulfuri (pirită și pirotină), cum și intercalații uranifere, distribuite în mod uniform. Intercalațiile, în număr de aproximativ 20 au grosime de la cîțiva centimetri pînă la 23 m. Conținutul mediu este de 0,023% uraniu, cu oscilații între 0,005—0,1%.

Exploatarea este avantajoasă, uraniul fiind un subprodus. Au fost identificate și alte structuri geologice promițătoare care sînt urmărite pentru definirea rezervelor.

Rezervele de uraniu în acest complex au fost evaluate la 127 000 t U_3O_8, rezerve sigure și 100 000 t rezerve probabile. Extracția se va face prin 27 mine, asigurînd o producție de 200 000 t/lună, la un preț de cost foarte scăzut.

Cantități mari de minereu, cu conținut mai scăzut, dar în condiții de exploatare mai convenabile au fost descoperite în *Namibia.*

Zăcămintele uranifere ale *Australiei* sînt legate de intruziuni granitice, aplitice, porfirice și pegamatitice care străbat formațiunile precambriene; sînt de tip filonian și de impregnație. Au dimensiuni reduse dar au conținut ridicat, ajungînd la 1,5—20 funți U_3O_8 la o tonă de minereu.

Cel mai important este zăcămîntul Mary Kethleen, în districtul Westmoreland, în statul Queensland. Mineralizațiile sînt cuprinse în filoane și skarne cu granați. Conținutul mediu este de 0,45% U_3O_8. Zăcămîntul conține și thoriu, la un raport U/Th = 5 : 1. În aceeași re-

giune se găsesc și zăcămintele Rita și Elen Doroty. Rezervele de U_3O_8 în zăcămintele din regiune susțin o activitate cu bune rezultate economice.

În apropierea portului Adelaida, din sudul continentului, se găsește zăcămîntul Radium Hill, cu un conținut de 0,05—0,38% U_3O_8 și de 7—25% TiO_2. Un alt zăcămînt în regiune este Mount Panter, de dimensiuni mai mici. Zăcămîntul Sbaysbac din cuprinsul unor formațiuni precambriene, are un conținut mediu de 0,2% U_3O_8.

Cercetările geologice sugerează existența unor noi zăcăminte în partea de vest și în cea de nord a continentului, unde apar rezerve mari dar cu un conținut mai scăzut.

Din totalul rezervelor de uraniu ale țărilor occidentale mai mult de jumătate se găsesc în subsolul *Americii de Nord*.

Canada deține mari rezerve de minereuri uranifere grupate în trei mari regiuni: zona Bear Lake (Lacul Ursilor); zona lacului Beaverlodge; zona Blind-River.

Zăcămintele din regiunea Lacului Ursilor au fost descoperite în anul 1930 de către Gilbert La Bine, prospector pentru minele de aur din Manitoba. Cu o subvenție primită de la Compania „Eldorado Gold Mines", La Bine a ajuns în nordul Canadei, pe malul înghețat al Lacului Ursilor, unde, cercetînd pe uscat și în apă, a descoperit principalul filon uranifer, cu un conținut mai bogat decît al minereului din Zair de 50—60 g uraniu la tonă. În acel timp se căuta radiu, al cărui conținut în acest zăcămînt era de un gram la o tonă de minereu.

Mina, înființată la Lacul Ursilor, numită Port Radium, a devenit una dintre marile producătoare de radiu din lume, pînă la al doilea război mondial. Și-a reluat activitatea după anul 1945. A epuizat rezervele în anul 1953.

În această regiune au fost exploatate două zăcăminte: Eldorado și Contact, corpuri filoniene cu grosimea de 0,75—1,2 m, filoane ramificate cu lungimea de 600—900 m. Au fost exploatate pînă la adîncimea de 600 m.

În regiunea Lacurilor Beaverlodge și Athabaska se găsește zăcămîntul de uraniu Gunnar, descoperit în anul 1952. Este format dintr-o brecie sienitică mineralizată

cu pechblenda și uranophan. Mineralizația este de origine hidrotermală. Breccia mineralizată ajunge la grosimi de 15—18 m, cu un conținut de 0,143% U_3O_8 și o rezervă de 6 800 t uraniu. Zăcămîntul se exploatează din anul 1955, cu cea mai ridicată producție de minereu, de 1500 t/zi, în anul 1957.

În regiunea Blind-River au fost deschise minele de la Lacurile Eliot și Banckroft. Zăcămintele acestei regiuni dețin 93% din rezerva de minereu uranifer a Canadei. Sînt legate de conglomerate vechi, metamorfozate.

Rezerva minei Eliot, la 1 ianuarie 1967, a fost de aproximativ 3 mil. t, producția anuală a fost de un milion tone, cu un conținut de 0,127% U_3O_8. În cursul anilor și-a sporit rezerva de minereu. Între anii 1957—1968, mina Eliot a produs 12,7 mil. t minereu, cu un conținut de 16 800 t U_3O_8. În regiunea Eliot se găsește și zăcămîntul de la Silvermache apreciat la 3200 t U_3O_8.

Mineralele de uraniu — braunerit, pechblendă, uraninit și turcholit — se găsesc în cimentul care leagă conglomeratele.

În perimetrul Banckroft domină șisturile cristaline -gnaise, cuarțite, amfibolite, intruziuni bazice și calcare. Între mineralele uranifere sînt: uraninitul, uranothorianit, în asociere cu magnetit. Zăcămintele conțin un procent din totalul regiunii. Exploatarea funcționează din anul 1957, cu o producție zilnică de 920 t minereu. Mai la sud este mina Haliberton, cu o rezervă de 1 700 t, la un conținut de 0,084% uraniu. Tot în această regiune se găsește și zăcămîntul Dayne, cu o rezervă de 1 500 t uraniu, la un conținut de 0,08 U_3O_8.

În partea de nord-vest a regiunii Blind-River se dezvoltă zona Saskatchewan, cu trei zăcăminte mai importante legate de pegmatite. Conținutul mediu al rezervelor este de 0,03% U. Reprezintă 6% din rezervele de uraniu ale Canadei.

Un zăcămînt foarte prețios a fost descoperit la Looncall Lake alcătuit de trei lentile, cu o rezervă totală de 228 000 t, cu un conținut de 1 000 g U_3O_8 t; 110 000 tone cu un conținut de 940 g/t și 47 000 t cu 200 g U_3O_8/t. În apropierea fluviului Sf. Laurențiu a fost descoperită o mineralizație pegmatitică cu grosimi ce ating 50—60 m, cu un conținut de 0,01—0,48% U_3O_8, asociat cu molibdenit.

Mineralizații radioactive au fost descoperite și în alte faciesuri ale complexului sedimentar-metamorfozat, de tipul celui cunoscut în Ontario și anume în nordul acestei provincii, un facies conglomeratic, de vîrstă proterozoică, sub forma unor fîșii de 320 km lungime. Au mai fost identificate structuri favorabile și în provincia Quebec, în regiunea Peninsulei Labrador și în Noua Scoție. Interes pentru cercetări prezintă și formațiunile sedimentare mezozoice și neozoice din Cordilieri, precum și ligniții din regiunea Saskatchewan. Mai interesante par a fi zonele: Lacul Eliot, Bauckroft și Lacul Athabaska.

Producția anuală de uraniu a Canadei prezintă o evoluție ascendentă. Între anii 1954 și 1963 a fost extrasă o cantitate totală de 69 300 t uraniu. Producția maximă, de 12 100 t uraniu anual, a fost dată în anul 1959. După această perioadă a urmat o scădere a ritmului de exploatare, astfel că în anul 1963 s-au înregistrat 7 600 t; în anul 1969, 3 513 t U_3O_8. Producția a fost de 8 139 t în 1982, situîndu-se pe locul 3 pe glob.

Rezervele de uraniu ale Canadei sînt de peste 200 000 t. O zonă de bună prognoză se găsește în apropiere de Lacul Wollaston în Saskatchewan, alta la Makkoich în Labrador și lîngă Lacul Baker în partea de nord-vest a țării. Canada are și importante mineralizații cu thoriu, la Blind-River și Banckroft unde zăcămintele conțin o parte thoriu la două părți uraniu. Aceste zăcăminte conțin aproximativ 20 000 t thoriu, care se extrage ca subprodus, cu un preț de cost scăzut. Valorificarea economică a thoriului este condiționată și de prezența pămînturilor rare care-l însoțesc în zăcămînt.

Statele Unite. Între țările capitaliste, Statele Unite posedă cele mai mari rezerve de uraniu, cuprinse în peste 3 000 de zăcăminte, localizate în partea de vest, în regiunile de platformă și de platou din fața Munților Stîncoși. Teritoriul cu zăcăminte uranifere ocupă o suprafață de peste 250 000 km^2.

Zăcămintele se găsesc mai ales în statele: Arizona, New Mexico, Utah, Colorado, Wyoming, Dakota de Sud și Dakota de Nord, un aliniament cu cele mai multe și mai dese zăcăminte cunoscute pînă în prezent. Cele mai multe sînt legate de formațiuni sedimentare pe platforma veche, de vîrstă precambriană a Platoului Colorado, de-a lungul Munților Stîncoși.

Mineralizația uraniferă se datorează marilor dislocații tectonice din faza laramică a orogenezei Munților Stîncoși, precum și a mobilizării mineralelor de uraniu, prin apele subterane, într-un mediu ușor permeabil al depozitelor formate în ape epicontinentale. Zăcămintele sînt legate de formațiuni sedimentare triasice și jurasice, ca: gresii, argilite, șisturi argiloase, fosforite, precum și de depozite neogene (ligniți), de depozite bituminoase, asfaltice. În unele părți se găsesc zăcăminte și de vîrstă mai veche (carboniferă).

Zăcămintele din Platoul Colorado conțin uraniu, legat de ligniți slab metamorfozați, în statele Wyoming, Dakota de Nord și Dakota de Sud. Tot în aceste state se găsește uraniu legat și de fosforite. În partea de sud-vest a statului Dakota de Nord, zăcămintele de uraniu sînt legate de huilă și lignit. Cărbunii, așezați în strate groase de la cîțiva centimetri pînă la șapte metri, sînt intercalați într-un pachet de strate sedimentare aproape orizontale, de vîrstă cretacic-paleogenă.

Conținutul în uraniu în cărbuni variază între 0,05% și 0,02% U. În cenușa cărbunilor, conținutul este de 0,05—0,1% U. În unele zone conținutul este de 0,15—0,20% U.

În statul Wyoming se găsesc și zăcăminte de tip filonian, cum sînt cele de la Front-Reindge, Central-City, Wood German, Mariswayel. În acest stat se găsește cel mai important zăcămînt de uraniu din Statele Unite, cu o rezervă de 3—4 mil. t uraniu metalic. În aceste regiuni, complexul formațiunilor precambriene cu intruziuni de granite și monzonite cuarțifere a fost supus unor intruziuni, mai ales de filoane magmatice, de monzonite cuarțifere, sienite, diorite, trachite, care au înlesnit ridicarea unor soluții metalizante în rocile înconjurătoare, ocupînd, în primul rînd, fracturile filoniene și fisurile deschise. Aceste zăcăminte au un conținut mai ridicat de uraniu, local poate ajunge pînă la 2% U.

Mai aparte este zăcămîntul de la Chattanooga, care este un depozit sedimentar cu 22% material organic. Are culoarea brună gălbuie și un conținut de 0,01—0,02% U. În ce privește rezervele, zăcămintele de tip Colorado conțin trei pînă la cinci milioane tone U_3O_8. Pentru rezervele de tip filonian nu sînt date certe, iar cele de la

Chattanooga sînt și ele foarte mari cu o rezervă de cîteva milioane tone de U_3O_8.

Cele mai multe zăcăminte se găsesc în Platoul Colorado (60%), apoi cele din bazinele Wyoming (35%), precum și în partea de vest a Statelor Unite, majoritatea sînt de vîrstă jurasică și neozoică.

Peste 90% din rezerve sînt situate la adîncimi pînă la 240 m, iar dintre acestea 50% sînt situate la adîncimi mai mici de 100 m, care se și exploatează în carieră.

În evidența rezervelor de minereuri s-a dat o atenție deosebită celor din grupa întîi, cu un preț de cost scăzut. În această grupă se încadrează circa 120 de zăcăminte dintre cele mari, la care se mai adaugă un număr mare de zăcăminte mici, cu conținut mai ridicat și în condiții de exploatare și de transport mai favorabile. Pentru evaluarea rezervelor s-a folosit o bogată experiență și metodele noi ale analizei statistice. De reținut este și faptul că zăcămintele mari conțin 90% din rezervele de uraniu cu un conținut mediu de 0,23% U_3O_8.

Pentru identificarea de noi zăcăminte se va trece la cercetarea nivelelor mai adînci.

În America Latină, în *Argentina,* se găsește zăcămîntul Soberania, localizat în conglomerate triasice, în șisturi argiloase și bituminoase, cum și în bentonite de aceeași vîrstă. Minereurile s-au format prin reținerea mineralelor uranifere din soluții de către mineralele argilitice, de către limonit și substanța bituminoasă.

În partea de nord și în centrul țării se găsesc alte zăcăminte: la sud-vest de Salta și la Malague, lîngă Mendoza, se găsesc gresii mineralizate cu U_3O_8; zăcăminte filoniene și de origină sedimentară se găsesc în zona Cordoba și La Rioja. În exploatare au intrat și mineralizațiile de la San Rafael, între Mendoza și Malague.

Rezervele totale, cunoscute în urmă cu un deceniu erau de aproximativ 160 000 t, din care 50% încadrate în grupa a treia. Cercetările geologice se desfășoară în continuare. Producția de uraniu a fost de 155 t în 1982.

Brazilia este în faza inițială de cercetare a zăcămintelor de uraniu. Condițiile grele de teren constituie o frînă în munca geologică, pe suprafața întinsă a țării.

Începutul cercetării geologice l-a făcut Institutul de cercetări al Universității din Belo Horizonte care în ur-

mă cu aproximativ două decenii a anunțat descoperirea unui zăcămînt de metale rare cu conținut de uraniu, lîngă Araxa, aproape de zona cunoscută pentru mineritul brazilian din statul Minas Gerais.

Analiza calitativă a minereului a pus în evidență o mineralizație complexă de elemente rare cu un procent ridicat de pămînturi rare, cu 2% Nb și 500 g U_3O_8 la tona de minereu.

Tot în apropiere de Minas Gerais, la nord de São Paulo a fost găsit un alt zăcămînt, cu un conținut de 2—4% uraniu. Unele rezerve de uraniu sînt legate de aluviuni monazitice, care au și un conținut de thoriu. Rezervele de thoriu sînt estimate la peste 100 000 tone, într-un minereu cu conținut scăzut.

Mineralizații cu conținut de uraniu se cunosc și în *Chile* legate de manifestări hidrotermale, în faza de cutări laramice a Anzilor. Astfel de mineralizații se cunosc la Copiano și la Serena, puse în exploatare de mai mult timp.

Zăcămintele de uraniu din Argentina continuă spre nord-vest în Peru, unde pachblenda este asociată cu sulfuri polimetalice.

Capitolul 8

ENERGIA HIDRAULICĂ

Distribuția apei pe Pămînt. Circuitul apei

Pe pămînt se găsește un volum de apă de 13,7 mld. km³, din care 98% formează apa mărilor și oceanelor și acoperă circa 70% din suprafața planetei. Apa dulce reprezintă numai 2%, din care aproximativ 35 mil. km³ este fixată în calotele de gheață de la poli și în ghețarii montani. În atmosferă se găsește o cantitate de aproximativ 12 300 km³ de apă sub formă de vapori. În sol și în stratele acvifere subterane se apreciază o cantitate de apă de 7—10 milioane km³. Potențialul stabil al apelor curgătoare este apreciat între 20 000 și 30 000 km³.

Apele curgătoare, care ne interesează din punct de vedere energetic, se încadrează în circuitul vados (exterior) al apei, după schema:

evapo- → conden- → precipi- → curgeri / infiltrații → colec- → evapo-
rare → sare → tații → tare → rare

În acest circuit exterior, apa este sub directa influență a energiei solare, care are valori cuprinse între 0,1—0,2 kW/m², putînd evapora, la suprafața terestră, un strat de apă de 1,30—2,60 m grosime. Cantitatea de apă în atmosferă nu este mare, dar ciclul evaporare → condensare → precipitații se repetă foarte des. Prin precipitațiile anuale (ploi și ninsori) cade pe Pămînt o cantitate de aproximativ 518 000 km³ de apă, în aproximativ 42 cicluri.

Apele curgătoare permanente sînt alimentate din precipitații și în urma acestora din apa de scurgere de pe versanți, cum și din apa izvoarelor care sînt puncte de descărcare ale stratelor freatice, apoi din stratele acvatice de mică adîncime în care apa nu este sub presiune.

Apele curgătoare.
Marile bazine de ape curgătoare

Apele curgătoare continentale sînt colectate de către afluenții marilor fluvii care, prin gurile lor de vărsare, le descarcă în mări și oceane. Fluviile la un loc cu afluenții lor își colectează apele de pe suprafețe care uneori depășesc milioane de kilometri pătrați, suprafețe numite *bazine hidrografice*.

Între marile bazine hidrografice din Europa menționăm pe cele ale fluviilor: Dunărea, Rin, Volga-Don, Peciora; din Asia bazinele: Obi, Enisei, Lena, Amur, Indus, Gange—Brahmaputra, Changjiang (Yangte), Huanghe, Mekong; din Africa bazinele: Niger, Congo (Zair), Orange, Nil, Zambezi; din America de Nord bazinele: Mackenzie, Sf. Lawrance, Mississippi, Rio Grande; din America de Sud bazinele: Orinoco, Amazon, Sao Francisco, La Plata—Parana. În tabelul XVII sînt redate lungimile celor mai mari fluvii din lume.

Cele mai lungi fluvii

Fluviul	Lungimea (km)	*Izvoarele*	*Vărsarea*
Nil + Kagera	6 690	Podişul Burundi	M. Mediterană
Mississippi + Missouri	6 418	Munţii Stîncoşi	Oc. Atlantic
Amazon + Ucayali	6 280	Munţii Anzi	Oc. Atlantic
Changjiang = Yangtze	5 530	Tibetul Oriental	Oc. Pacific
Obi + Irtiş	5 300	Munţii Altai	Oc. Îngheţat
Enisei—Angara—Selenga	5 039	Munţii Saian	Oc. Îngheţat
La Plata-Paraná	4 700	Podişul Braziliei	Oc. Atlantic
Huanghe (= Hwango)	4 585	Munţii Kunlun	Oc. Pacific
Mekong	4 500	Tibetul Oriental	Oc. Pacific
Zair = Congo	4 370	Regiunea Shaba	Oc. Atlantic
Amur + Kerulen	4 350	Munţii Iablonovîi	Oc. Pacific
Lena	4 264	Munţii Baikal	Oc. Îngheţat
Niger	4 160	Munţii Fouta Djalon	Oc. Atlantic
Mackenzie	3 780	Munţii Stîncoşi	Oc. Îngheţat
Volga	3 531	Podişul Valdai	M. Caspică
Madeira Mamoré	3 220	Anzi	Oc. Atlantic
Indus	3 180	Munţii Himalaya	Oc. Indian
Sf. Lawrance	3 057	Podişul Preriilor	Oc. Atlantic
Purus	2 980	Munţii Anzi	
Brahmaptura	2 909	Munţii Himalaya	Oc. Indian
Yukon	2 897	Munţii Stîncoşi	Oc. Pacific
São Francesco	2 897	Platoul Braziliei	Oc. Atlantic
Dunărea	2 860	Munţii Pădurea Neagră	M. Neagră
Rio Grande del Norte	2 800	Platoul Braziliei	Oc. Atlantic

(După Atlas Geografic General, Bucureşti, 1974)

Potențialul energetic al apelor curgătoare

S-a calculat că valoarea potențialului energetic tehnic amenajabil se ridică la 1 700—2 300 mil. kw, în care cel economic amenajabil ar fi de 800 mil. kw, ceea ce ar duce la o producție de 4 200 mld. kwh. Din consumul în urcare al energiei electrice, s-a tras concluzia că și în ipoteza în care întreg potențialul hidraulic ar fi amenajabil, acesta nu ar acoperi nici pe departe consumul mondial, actual, de energie. În prezent media mondială a

Tabelul XVIII

Valorificarea potențialului hidroenergetic
(teoretic amenajabil)

	Putere instalată potențială (milioane Kw)	*Putere instalată în 1981 (milioane Kw)*	*Grad de valorificare (%)*
America de Nord și Europa*	823	321,3	39,0
Africa	441	13,9	3,2
Asia*	711	82,9	11,7
America latină	324	55,1	17,0
Oceania	40	10,7	26,8
Țări dezvoltate	872 (37%)	354,2 (73%)	40,6
Țări în curs de dezvoltare	1 469 (63%)	129,8 (27%)	8,8
Total mondial	2 343	483,9	20,7

* U.R.S.S. inclusă la Europa

Sursa : Calculat pe baza datelor din United Nations, Yearbook of World Energy 1981, World Bank, Energy in Developing Countries, August 1980

gradului de utilizare a potențialului hidroenergetic este de 20,7%.

În anul 1940 participarea energiei hidraulice în balanța energetică a fost de 43%. În măsura în care alte surse de energie primară — hidrocarburile — au intrat în producerea energiei electrice, energia hidraulică, în creștere și ea, a avut un ritm mai încetinit. Nu și-a putut impune un ritm mai mare, deoarece instalațiile hidroenergetice sînt foarte costisitoare. În același timp, consumul hidrocarburilor a fost încurajat de prețul lor scăzut.

Încă de prin anul 1970 unele țări foloseau potențialul energetic amenajat în proporții ridicate: Norvegia, Ghana și Zambia cîte 99%, Elveția, 89,7%, Canada și Italia, 72%; Franța, 66%; Suedia, 65,3%; R. F. Germania, 58,6%; Spania, 57%; Finlanda, 56%. Țările cu cele mai mari capacități hidroenergetice instalate sînt: S.U.A., 71 000 MW; U.R.S.S., 50 000 MW; Canada, 40 000 MW.

Mari hidrocentrale ale lumii

În tabelul XIX sînt menționate principalele centrale hidroelectrice ale lumii, dintre care unele erau încă în construcție la sfîrșitul deceniului trecut. Cea mai mare este hidrocentrala Itaipu a cărei construcție este începută în anul 1978 și va fi integral terminată în anul 1988. Va avea o capacitate de 12 610 MW. Este construită pe fluviul Parana, în apropierea cascadelor Itaipu, la granița dintre Brazilia și Paraguay. Lungimea afluenților fluviului Parana depășește 4 000 km, cu un debit variabil de la 11 000 m^3/s, la 38 000 m^3/s, în timpul marilor inundații pînă la 60 000 m^3/s. Fluviul, în zona Itaipu, are 400 m lățime. Pentru amplasarea hidrocentralei a fost săpat un canal lung de 2 000 m, cu lățimea de 150 m și adîncimea de 100 m. Barajul are lungimea de 7 000 m, înălțimea de 190 m și o grosime la bază de 200 m. Lacul are lungimea de 150 km și capacitatea de 29 milioane litri de apă.

Hidrocentrala va dispune de 18 turbine, de cîte 700 MW fiecare, înlocuind energia pe care ar furniza-o zilnic 100 000 barili de petrol.

Cîteva din marile hidrocentrale ale lumii

Nr. crt.	*Numele hidrocentralei*	*Rîul*	*Țara*	*Puterea instalată*		*Anul intrării în funcțiune cu primele capacități*
				MW 1977	*MW în fază finală*	
1	Itaipu	Paraná	Brazilia-Paraguay	—	12 610	în constr. (1988)
2	Grand Coule	Columbia	S.U.A.	6 280	9 770	1941
3	Paolo Afonse	Rio Grande	Brazilia	1 299	6 774	1955
4	Corpus	Paraná	Argentina-Paraguay	—	6 700	în construcție
5	Guri (Raul Leoni)	Caroni	Venezuela	524	6 500	în construcție
6	Tucuruí		Brazilia	—	6 480	în construcție
7	Saian-Susenskoe	Enisei	U.R.S.S.	—	6 400	în construcție
8	Krasnoiarsk	Enisei	U.R.S.S.	6 096	6 096	1968
9	Le Bierde		Canada	—	5 416	în construcție
10	Churchill Falls	Churchill	Canada	5 225	5 225	1971
11	Bratsk	Angara	U.R.S.S.	4 500	4 600	1964
12	Sukhovo	Angara	U.R.S.S.	—	4 500	în construcție
13	Ust Ilimsk	Angara	U.R.S.S.	720	4 300	1974
14	Ilha Solteiora	Paranaibe	Brazilia	3 200	4 100	1973
15	Carora Bassa	Zambezi	Mozambic	2 000	4 000	1975

BCU IAȘI CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

16	Inga I	Zair	Zair	350	3 700	1972
17	Inga II	Zair	Zair	300	3 700	1983
18	Chief Joseph	Columbia	S.U.A.	1 024	3 642	1956
19	Rogunski		U.R.S.S.	350	3 700	1975
20	John Day	Columbia	S.U.A.	2 160	2 700	1968
21	Nurek	Vahş	U.R.S.S.	—	2 700	în construcţie
22	Volgograd	Volga	U.R.S.S.	2 543	2 560	1958
23	Chicoasen		Mexic	-	2 400	în construcţie
24	V.I. Lenin Kuibişev	Volga	U.R.S.S.	2 300	2 300	1955
25	W.A.C. Bennett		Canada	1 810	2 270	1960
26	Assuan Nou (Saad El Aali)	Nil	Egipt	1 750	2 100	1967
27	Porţile de Fier I	Dunăre	România—Iugoslavia	2 110	2 110	1973
28	Robert Moseş	Niagara	S.U.A.	1 950	1 951	1961
29	St. Lawrence Power Dam	St. Lawrence	Canada—S.U.A.	1 824	1 824	1958
30	The Dallas	Columbia	S.U.A.	1 921	1 807	1957
31	Linjioxio	Fluviul Albastru	P.P. Chineză	—	1 225	1983

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Brazilia s-a angajat într-un grandios plan de construcție pentru hidrocentrale. 14 mari hidrocentrale sînt în curs de construcție, alte 12 în faza de proiectare. Pînă în anul 2000 se va ajunge ca 90% din necesarul de energie al Braziliei să fie asigurat de hidrocentrale.

După cum rezultă din tabelul XIX, marile centrale hidroelectrice sînt relativ tinere (după 1955). Numărul celor cu capacitate mai mică este mult mai mare. Acestea au fost construite începînd din 1882, cea de la Londra, cu o capacitate de 60 kWh. În același an, Edison a construit o hidrocentrală la New York, cu o putere de 720 CP. Exemplul a fost „molipsitor" și în multe țări, cu o rețea hidrografică corespunzătoare, au fost construite microhidrocentrale pentru obținerea electricității necesare, la început, pentru luminat. La București, în același an, 1882, au fost construite cîteva mici hidrocentrale pentru iluminat.

Țările Europei, ale Americii de Nord și Japoniei au dovedit cel mai mare interes pentru hidrocentrale, deținînd 90% din producția mondială la sfîrșitul deceniului patru și aproximativ 70% la nivelul anului 1976.

În prezent, la producția mondială de energie electrică, centralele hidroelectrice participă în proporție de 4—6%, fiind mai dezvoltată în Canada, Elveția, Norvegia, Suedia, unde ponderea acestei surse de energie primară participă în proporție de peste 70% în balanța energetică. Aceste țări dispun de un debit mai constant al apelor curgătoare influențat și de prezența ghețarilor.

Mareele. Energia mareomotrică

În anul 1967 a intrat în funcțiune prima uzină mareomotrică, cea de la *La Rance*, din Franța, în apropierea portului Saint Malo din nordul peninsulei Bretagne. Încă din secolul al XIII-lea, tot în acel loc, au fost construite mori acționate de energia mareelor. Astfel de mori funcționează și azi, tot în Bretagne, una la Saint Suliac, în apropiere de La Rance și alta la Lectud, în Finistere.

În zona La Rance, mareele sînt dintre cele mai puternice din lume, cu o diferență de nivel de 13,50 m între flux și reflux. Estuarul are o lărgime de 750 m. În spatele digului creat, lacul de acumulare are o capaci-

Hidroenergia în balanța energetică mondială

	Contribuția la producția de electricitate %	*Contribuția la acoperirea consumului global de energie primară comercială* %
1960	30,0	5,5
1970	24,0	6,1
1980	21,4	6,6
2000	15,4	6,7
2020	n.d.	6,8

n.d. — nedisponibil

Sursa: Calculat pe baza datelor din United Nations, World Energy Supplies 1950—1975, Yearbook of World Energy 1980, World Energy Balance 2000—2020, World Energy Conference, Conservation Commission 1981.

tate de 184 mil. m³. Prin construcția sistemului energetic nu a fost paralizată funcționarea portului, ci dimpotrivă acesta a fost modernizat.

Uzina cuprinde 24 turbine de cîte 10 MW și trei transformatoare de cîte 8 MWA. Funcționează în ambele sensuri: la flux și la reflux și produce, anual, aproximativ 590 milioane kWh. Un ordinator electronic, amplasat la Nantes, reglează ritmul de lucru al uzinei după nevoile întregului sistem energetic francez.

După unele studii, energia mareomotrică mondială este apreciată la 13 000 miliarde kWh/an. Maree cu cele mai mari înălțimi se cunosc în Noua Scoție (America de Nord) 21 m; lîngă strîmtoarea Magellan, Golful Gallagos (America de Sud) 18 m; Golful St. Malo (Franța) 15 m; în Marea Chinei de sud 11 m; Golful Bristol (Marea Britanie) 14,4 m.

Inițiative pentru folosirea acestei energii au mai avut și: englezii, care au elaborat proiectul Severn; și americanii, cu proiectul Babecoock; și francezii în cadrul pro-

iectului l'AberVrach; canadienii, care au și ei studii avansate.

Proiectele au fost abandonate, deși mareele ofereau condiții favorabile, valurile având înălțimea de 7—13 m. Proiectul La Rance a fost inițiat în anul 1948.

Uniunea Sovietică a realizat a doua uzină mareomotrică din lume la Kislaia Guba în Golful Kola, lîngă Murmansk. Înălțimea valurilor este de 14 m.

Se preconizează construirea unor centrale mareomotrice cu puterea de 7—14 MW, deși se manifestă și o reținere considerînd că prin acest mod de a obține energie secundară nu s-ar modifica, în mod simțitor, situația energetică generală.

Potențialul hidroenergetic al României

Apele curgătoare ale României sînt dispersate neregulat, ponderea lor fiind în afara arcului carpatic. În general rîurile au cursul trasat înspre cele două mari zone depresionare: cea din sudul și sud-estul țării, cu Depresiunea Getică, Cîmpia Română inclusiv Bărăganul și Depresiunea Panonică, în partea de vest a țării. Din cele 25 rîuri principale ale țării, opt au cursul înspre Cîmpia Panonică, restul de 17 curg înspre exteriorul Carpaților.

„Țara noastră este situată într-o zonă geografică ale cărei surse de ape sînt relativ modeste. Rîurile interioare, principala sursă de apă, par să acopere din abundență teritoriul țării, dacă privim o hartă. Dar în albiile lor curge, într-un an hidrologic mediu, un volum total de apă de cca 37 miliarde m^3/an, ceea ce înseamnă aproximativ 1 600 m^3/locuitor/an. Această valoare, conform ultimei statistici a Organizației Națiunilor Unite, situează țara noastră pe locul 21 între cele 34 de țări europene. Sîntem departe de țările foarte bogate în apă, cu valori în jur de 20 000 m^3/locuitor/an și chiar de țările din mijlocul listei, care dispun de 3 000—7 000 m^3/locuitor/an. Sîntem aproape de țările sărace în apă, care dispun de circa 1 000 m^3/locuitor/an. Pe de altă parte, Dunărea ne mai poate furniza într-un an mediu cca 20—30 miliarde m^3/an, ținînd seama de cerințele menținerii navigației și de faptul că acest fluviu udă 8 țări, iar apa

Tabelul XXI

Lungimea principalelor cursuri de apă din România

— km —

Denumirea cursului de apă	*Pe teritoriul României*	*Totală*
Dunărea	1 075	2 857
Prut	716	950
Mureș	768	803
Olt	736	736
Siret	596	706
Ialomița	410	410
Someș	388	435
Argeș	344	344
Jiu	331	331
Buzău	324	324
Jijia	307	307
Bîrlad	289	289
Bistrița	290	290
Dîmbovița	268	268
Tîrnava Mare	246	246
Timiș	242	350
Crișul Alb	240	244
Vedea	238	238
Moldova	237	237
Tîrnava Mică	220	220
Olteț	190	190
Suceava	189	189
Arieș	184	184
Prahova	183	183
Bega	180	255

(după Anuarul Statistic al R.S.R).

sa este folosită doar în zonele adiacente, unde nu sînt necesare pompări la înălțimi prea mari" (Ion Badea, 1986).

Potențialul hidroenergetic al rîurilor României a fost evaluat la aproximativ 70 miliarde kWh/an (= 70 TWh), din care 52,7 miliarde kWh/an (52,7 TWh/an) pe rîurile

interne și 18,4 miliarde kWh/an (18,4 TWh/an) pe Dunăre. Potențialul hidroenergetic amenajabil a fost evaluat la aproximativ 40 miliarde kWh/an (40 TWh/an), din care — 70%, 20,6 miliarde kWh/an (20,6 TWh/an) pe rîuri interioare; — 30%, 17,4 miliarde kWh/an (17,4 TWh/an) pe Dunăre.

La acest potențial s-ar putea construi 855 hidrocentrale cu o putere totală de 13 000 MW. În numărul de mai sus se includ și microhidrocentralele.

Puterea instalată și producția hidroelectrică în țara noastră au evoluat într-un ritm remarcabil între anii 1960 1982, cu deosebire în ultimii douăzeci de ani:

	1938	1950	1965	1975	1980	1982
Putere instalată kw	48	60	461	2 630	3 455	3 734
Producția hidroelectrică, kWh	145	169	1 005	8 711	12 637	11 854

Puterea instalată a crescut de aproximativ 78 de ori în intervalul de timp 1938—1982, iar producția hidroenergetică de aproape 82 de ori. În ultimii 20 de ani, „o evoluție spectaculoasă a cunoscut ponderea producției de energie electrică în centralele hidroenergetice din Sistemul Energetic Național, care a crescut de la cca 7%, cît era în 1965, la aproape 20% în prezent, prin amplificarea de peste 10 ori a producției de energie hidroelectrică în raport cu anul 1965, respectiv a puterii instalate în centralele hidroelectrice." (Constantin Ionescu, 1986).

Liniile directoare de dezvoltare a hidroenergeticii în țara noastră au fost enunțate în „Programul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice din România", adoptat prin Legea nr. 1 din 16 ianuarie 1976, în Programul național pentru asigurarea unor producții agricole sigure și stabile, precum și prin alte documente de partid și de stat. Aceste programe și orientări au fost precedate de: Planul de electrificare al României, 1949; Planul de amenajare a apelor țării, 1962; primele scheme-cadru de amenajare a bazinelor hidrografice ale României, 1971—1975; Potrivit acestor Programe pentru etapa pe care o parcurgem, în conformitate cu Directivele Congresului al XIII-lea, se va acționa pentru realizarea de noi lacuri de acumulare, totalizînd 2,7 mld. m^3, lucrări de regularizare a cursurilor de apă pe 700 km,

de îndiguire și supraînălțări de diguri pe 500 km. În cincinalul 1986—1990 se vor realiza 133 de centrale hidroelectrice cu o producție medie de energie echivalentă cu mai mult de jumătate din totalul acesteia obținută în centralele hidroelectrice existente. Se prevede ca în cincinalul 1991—1995 gradul de folosință a potențialului hidroenergetic amenajabil tehnic să fie de aproape 75% din totalul său, față de 30% cît a fost în anul 1980 și 45% în 1985, situînd în acest fel România printre țările europene avansate din acest punct de vedere (Constantin Ionescu, 1986).

Creșterea ponderii hidroenergeticii în electrificarea țării urmărește reducerea consumului altor energii primare, îndeosebi a hidrocarburilor. În ultimii 20 de ani „s-au dat în funcțiune importante centrale hidroelectrice destinate cu prioritate preluării vîrfurilor de sarcină ale Sistemului Energetic Național: Cinget pe Lotru, „Cascada Oltului", cu 13 centrale hidroelectrice, Vidraru pe Argeș, Gîlceag și Șugag pe Sebeș, Mărișelul și Tarnița pe Someșul Cald, precum și Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier I (Constantin Ionescu, 1986). La acestea se adaugă salba de hidrocentrale de pe Bistrița, cea de pe Argeș și alte hidrocentrale mai vechi, cu o putere instalată mult mai mică. Într-o fază avansată de construcție sînt alte hidrocentrale printre care Retezat și Centrala hidroelectrică Porțile de Fier II, intrată parțial în funcțiune.

Se acordă importanță și a început utilizarea potențialului hidroenergetic al rîurilor mici necuprinse în inventarul amenajărilor hidroenergetice importante, prin realizarea unor microhidrocentrale ce folosesc resursele și materiale locale. „Au fost date pînă în prezent cca 170 de microhidrocentrale, în următorii cinci ani fiind prevăzute să intre în funcțiune alte 220 de microhidrocentrale" (Constantin Ionescu, 1986).

Pentru asigurarea utilizării integrale, pentru o bună regularizare a regimului debitelor au fost realizate importante lacuri de acumulare cum ar fi Vidraru pe Argeș, Oașa pe Sebeș, Bicaz pe Bistrița, Mărișelu pe Someșul Cald, fiind în curs de terminare lucrările la lacul Gura Apelor de pe Rîul Mare. De altfel, pentru satisfacerea cerințelor totale de apă, care au crescut o dată cu dezvoltarea impetuoasă a țării de la cca 1,5 mld. m^3/an în

1950 la peste 20 mld. m^3/an în prezent, numai în ultimii 20 de ani s-au realizat lacuri de acumulare cu un volum de cca 10 mld. m^3, printre care: Stînca-Costești, Vîlcele, Rîpa Albastră, Gura Rîului, Ighiș, Frăsinet, Solești, Pecineagu, Surduc, Motru, Cerna, Fîntînele, Galbeni, Răcăciuni (Ion Badea, 1986).

Totodată, în ultimii 20 de ani, mai ales după adoptarea amplului Program de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice, s-au realizat importante lucrări pentru apărarea împotriva inundațiilor, regularizarea de albii și îndepărtarea excesului de umiditate cu o lungime de cca 10 300 km, care au scos de sub pericolul inundării cca 1 550 de localități și obiective, printre care și toate orașele afectate de inundațiile mari din perioada 1970—1975 (Ion Badea, 1986).

Capitolul 9

CONCLUZII PRIVIND SURSELE CONVENȚIONALE DE ENERGIE

Cărbunele rămîne cea mai importantă sursă de energie în viitorul apropiat. A început intensificarea folosirii cărbunilor inferiori în termocentrale și a celor superiori pentru a fi transformați în combustibili lichizi și gazoși. În ultimele decenii, energetica a trecut de la cărbune la petrol, pentru considerente cunoscute. În prezent apare o inversare a tendințelor, se revine de la petrol la cărbune. Inversarea însă este frînată de unele dificultăți, legate de obișnuința de a folosi hidrocarburile care sînt mai eficiente (putere calorică mai ridicată, tehnologia mai comodă și mai curată, transportul mai ușor).

În perspectiva epuizării zăcămintelor de hidrocarburi și a creșterii prețului lor pe piață, pentru a nu schimba structura actualelor instalații energetice, se trece la fluidizarea cărbunilor și la folosirea fracțiunilor lichide în actualele termocentrale. Se evită, deci, refacerea termocentralelor pentru a funcționa cu cărbune.

Distribuția pe glob a resurselor (rezervelor)
— în procente —

	Petrol (rezerve probate)	*Gaze (rezerve probate)*	*Petrol și gaze din resurse neconvenționale*	*Cărbuni*	
				Rezerve recuperabile	*Resurse geologice*
America de Nord	5,1	11,3	48,4	29,5	26,5
Europa occidentală	3,6	4,9	0,1	13,0	4,1
Europa răsăriteană	11,2	36,0	1,8	24,4	49,7
Africa	8,7	8,1	1,7	5,4	1,7
Extremul Orient	5,6	4,6	0,5	21,4	15,0
Orientul Apropiat	56,5	27,3	2,0	0,1	0,1
America latină	8,8	6,4	45,5	2,0	0,3
Oceania	0,4	1,4	0,0	4,3	2,6
Țări dezvoltate	20,1	53,1	50,4	74,1	83,5
Țări în curs de dezvoltare	79,9	46,9	49,6	25,9	16,5
Total (cuantum în miliarde tone*)	100,0 87	100,0 63	100,0 853	100,0 636	100,0 10 125

* petrolul și gazele naturale în miliarde t.e.p. (tone echivalent petrol); resursele neconvenționale (zăcăminte de petrol cu vîscozitate ridicată, șisturi bituminoase, nisipuri asfaltice) în miliarde t petrol conținut (nu exploatabil); cărbunii în miliarde t.e.c.

Sursa: World Bank, Energy in Developing Countries, August 1980.

Notă: În acest tabel, în grupul țărilor în curs de dezvoltare sînt incluse țările care în 1980 se considerau ele însele în curs de dezvoltare, respectiv țările membre ale „Grupului celor 77" și R.P. Chineză.

În acest scop, la procedeele anterioare de obținere a combustibililor lichizi și gazoși din cărbuni, se încearcă altele noi, de o eficiență îmbunătățită, dar, deocamdată, mai costisitoare.

În cadrul Institutului de Tehnologia Gazelor din Chicago a fost testată o instalație de producere a înlocuitorilor de gaze naturale folosind turba ca materie primă. Au fost obținute randamente de 59%, dar cu 50% mai costisitoare.

Pînă la găsirea unor soluții economice de valorificare a surselor neconvenționale de energie, este reluat interesul pentru cărbune a cărui extracție, în creștere, va alimenta direct termocentralele și industria chimică din ai cărei produși fracțiunile ușor combustibile (benzina, metanolul ș.a.) vor fi destinate tot pentru nevoi energetice.

Interesul pentru cărbune va duce la o creștere a prețiii cărbunelui, așa cum rezultă din lucrările Conferinței Mondiale a Energiei din anii 1977 și 1980. În 1977, conferința a estimat piața cărbunelui la 7,7% din producția mondială și a apreciat la 8,8% piața cărbunelui în anul 2020. La Conferința din 1980 s-a estimat însă o creștere a producției de cărbune cu 20%, ceea ce a dus la concluzia că se va dezvolta un sistem comercial mondial al cărbunelui.

Deocamdată se vor exploata rezervele de cărbune din nivelele mai de suprafață, apoi exploatarea subterană se va extinde în adîncime, atît cît se pot crea condiții tehnice și economice favorabile. În continuarea exploatării rezervelor din adîncime, se va trece la arderea cărbunilor în subteran. Prețul extracției cărbunilor va crește.

Din rezerva mondială de prognoză (peste 10 000 miliarde t) prin activitatea minieră, o parte a rezervelor va fi promovată în rezervă industrială. Prin detalierea activității de explorare, noi rezerve vor trece în categorii superioare sub raportul cunoașterii și al inventarierii.

Petrolul este în prezent sursa energetică cea mai importantă, cu care lumea s-a obișnuit, căruia i-a adaptat stiluri de viață, un mod de existență subordonat acestui tiran alintat. Este sigur însă că omenirea va scăpa de sub dominanța petrolului fosil și, pentru o altă peri-

oadă, să intre iarăși sub dominanța cărbunelui ca viitor furnizor de carburanți.

În capitolul 6 au fost indicate structurile geologice pentru identificarea unor noi zăcăminte și cîmpuri petrolifere. Se vor solicita actualele zăcăminte prin extracție secundară pentru a atinge o recuperare de 40% din rezervele zăcămintelor; se vor cerceta noi suprafețe susceptibile de a acoperi rezerva și mai ales structuri și capcane complicate, evitate de cercetarea efectuată pînă în prezent. Vor fi cercetate zonele adînci.

Sub apele oceanice se va depăși cercetarea platformei continentale și vor fi prospectate depunerile în continuarea gurilor de vărsare a fluviilor, povîrnișul continental și, în cele din urmă, a platourilor oceanice.

Rezervele de petrol sînt apreciate de mai multe colective, în mod și la valori cu totul diferite. Extinzînd aprecierea la maximum de posibilități, s-a atins cifra de 600 miliarde t. Alte colective s-au limitat la cifre mai mici, oprindu-se la 88 miliarde t ca rezerve sigure.

La lucrările Conferinței Mondiale a Petrolului din 1977 grupul de experți condus de *Pierre Despraires*, de la Institutul Francez al Petrolului, a dat o cifră mobilă, între 173 și 950 mld. t, rezerve convenționale recuperabile, în măsura în care li se va stabili gradul de cunoaștere; a dat o valoare medie de 257 mld. t, din care sigure 88 mld. t.

Crește preocuparea pentru valorificarea petrolului din surse neconvenționale. În nisipurile bituminoase (gudronice) au fost estimate rezerve de petrol la 300 mld. t, repartizate în: Orinoco (Venezuela), 100 mld. t; Athabaska, 86 mld. t; Olensk (U.R.S.S.), 86 mld. t; Gold Lake (Canada), 23 mld. t. Alte 27 mld. t sînt prezente în opt cîmpuri: două în Canada, cinci în Statele Unite, unul în Madagascar. Din rezervele date, se pot extrage, prin lucrări miniere la zi, între 5% și 10% din petrolul conținut, la un preț de cost influențat de tehnica și tehnologiile folosite.

Începînd din anul 1978, au fost înregistrate progrese în recuperarea petrolului din petrolul greu și din nisipurile bituminoase în Canada, Venezuela și Statele Unite.

După aprecieri recente, șisturile bituminoase conțin 420 miliarde t petrol, din care, cu actualele metode, se

pot recupera 5—20%. În Statele Unite se găsește cea mai mare rezervă de șisturi bituminoase (2/3). În prezent, exploatarea nu este încurajatoare, deoarece costul petrolului obișnuit variază între 12—25 dolari barilul. Prin tehnici noi de extracție și prelucrare se crede ca pînă în anul 1990 să poată fi valorificate în mod economic. Șisturile bituminoase asociază mari cheltuieli prin exploatarea minieră subterană. În asemenea structuri, cînd rezervele sînt la adîncime, se recomandă arderea în subteran și colectarea la suprafață a produselor. Exploatarea acestor purtători de hidrocarburi este costisitoare și cere măsuri în plus în legătură cu protecția mediului.

Cu tot prețul de cost ridicat al petrolului neconvențional, omenirea va fi obligată să se pregătească pentru valorificarea lui în perioada care precedă folosirea altor surse energetice mai eficiente.

Gazele naturale urcă vertiginos ca participare în balanța energetică mondială și în industria chimică. Cîmpul cel mai vechi cunoscut și mai bogat în gaze în Europa a fost cel din podișul transilvan. Alte cîmpuri valoroase au fost identificate mai tîrziu, unele numai după anul 1970, în Italia, Olanda, Franța.

Rezervele, la nivelul anului 1976, au fost estimate la aproximativ 300 000 milioane tone. Spre deosebire de extracția petrolului convențional, cota de recuperare a gazelor naturale se ridică la 80—90% din rezerva zăcămîntului. Se speră că rezervele de gaze naturale să crească prin cercetări de detaliu a zăcămintelor existente și prin îndesirea sondelor de exploatare. Se mai speră ca în adîncime, sub nivelele cu zăcăminte de petrol să se găsească mai multe zăcăminte de gaze, unele în capcane cu o mare capacitate de izolare a zăcămintelor.

În fig. 19 este prezentată o schiță privind distribuția petrolului și a gazelor în structurile geologice purtătoare de hidrocarburi. Este evidentă influența adîncimii și a temperaturii care crește cu adîncimea.

Rezervele de gaze naturale neconvenționale prelungesc durata de aprovizionare globală cu aceste surse energetice. Printre gazele naturale neconvenționale menționăm: gazele de sondă, gazele din zone depresionare, gazul metan din zăcămintele de cărbuni, gazele din gresiile și șisturile devoniene, gazul de baltă ș.a. Acestor surse ne-

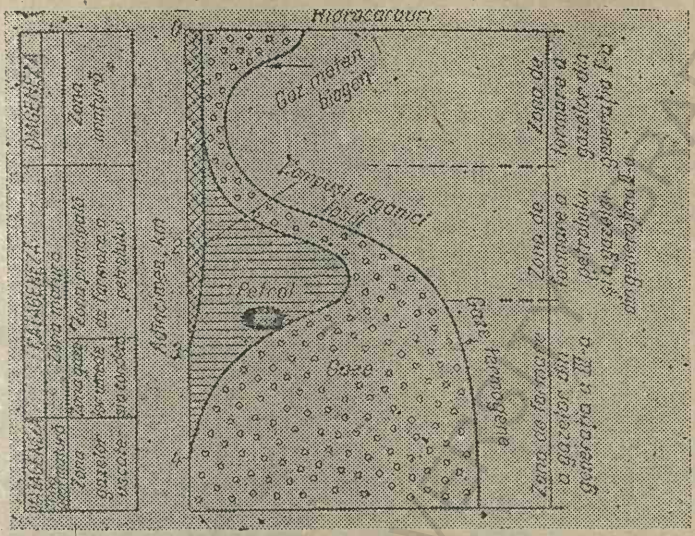


Fig. 19. Etapele de transformare a materiei organice pe zone de adîncime (temperatură).

convenționale nu li s-a dat atenția cuvenită pînă în prezent, din care cauză și gradul de cunoaștere al acestor acumulări este scăzut. Sînt însă și păreri după care asemenea rezerve ar fi importante.

În anul 1979 au început cercetări metodice în geodepresiunea Texas (Statele Unite), printr-o sondă pilot. Rezultatele obținute au sugerat posibilitatea existenței unor rezerve recuperabile de 4 000—70 000 miliarde m^3. Este hazardat totuși să se dea astfel de cifre numai pe baza unei sonde-pilot oricare ar fi măsura asemănării cu alte structuri de acest fel. Pentru a da cantități atît de mari ca rezerve, nu pot fi extrapolate, fără risc, nici concluziile examenului de laborator al materialului din carote.

În perspectivă rămîne folosirea combustibililor fosili convenționali în asociere cu cei neconvenționali, în măsura în care aceștia din urmă își vor dovedi participarea eficientă și la un preț de cost convenabil. În participarea acestor combustibili, petrolul convențional (pe plan mondial) ar putea oferi 400 TW/an de energie; petrolul neconvențional alte 400 TW/an; gazele naturale,

350 TW/an; cărbunele, 2 400 TW/an, toate la un preț de cost posibil mai ridicat decît în prezent.

Energia nucleară va intra progresiv în structura balanței energetice. Instalațiile pentru convertirea energiei nucleare în energie electrică, în general costisitoare, în prezent consumă neeconomic acest combustibil. Speranța este în reactoarele cu neutroni rapizi, regeneratoare, care introduc în reacție și uraniul-238, prelungind în acest fel pentru mai multe secole, poate milenii, folosirea acestor puternice și stranii energii.

Prognoza energetică pentru deceniile următoare se întinde pînă la nivelul cînd numai energiile primare convenționale nepoluante și unele dintre energiile neconvenționale (la fel nepoluante) vor constitui scenariul energetic de durată. În ce privește rezervele de combustibili nucleari, aceasta nu constituie, deocamdată, o îngrijorare. Uraniul are o piață deschisă. Rezervele totale de combustibili nucleari sînt departe de a fi cunoscute în prezent.

În legătură cu energia nucleară se ridică îngrijorări privind impactul cu mediul înconjurător. Au fost luate toate măsurile de siguranță pentru a se evita asemenea accidente. De aproape treizeci de ani se experimentează în această direcție. Pînă în prezent nu s-au înregistrat decît puține accidente și folosirea pașnică a energiei atomice nu va da nici pe departe victime apropiate de numărul celor cauzate prin fumat și alcoolism. Este probabil ca persoane oficiale care manifestă îngrijorări față de extinderea folosirii acestei energii și în alte regiuni geografice, să fie inspirate și de savoarea unui trabuc parfumat.

Energia hidraulică, nepoluantă, implică mari cheltuieli în faza de construcție a instalațiilor. Producția de electricitate se menține prin păstrarea debitului de apă, dependent de nivelul apei din lacul de acumulare. Nivelul apei din lac este variabil cu cantitatea de ploi și mai ales cu seceta prelungită. Volumul apei în lacurile de acumulare este însă într-o scădere lentă, datorită colmatării cu aluviuni aduse de pe versanții bazinului hidrografic care le alimentează. În vederea încetinirii procesului de colmatare, se cere luarea unor măsuri de reținere a detritusului pe versanți spre a alimenta lacul cu minimum de aluviuni. Acestea sînt lucrări mult mai

Structura (pe resurse) a producției de energie primară comercială

Anul	*Petrol* %	*Cărbuni* %	*Gaze naturale* %	*Electricitate primară (hidro și nucleară)* %	*Cuantum total (în miliarde t.e.c.)*
1950	29,0	57,5	8,9	4,6	2,750
1960	34,5	47,2	12,8	5,5	4 650
1970	45,8	30,0	17.7	6,5	7.520
1980	45,4*	26,5	18,9	9,2	9 910
1995	35,4	29,3	20,3	15,0	14 240
2000	29,2**	30,8	23,3	16,7	18 000
2020	19,5**	29,5	14,7	36,3***	28 500

* din care peste 20%, respectiv circa 9% din totalul energiei primare, petrol submarin
** inclusiv din resurse neconvenționale
*** inclusiv surse noi

Sursa : Calculat pe baza datelor din United Nations, World Energy Supplies 1950—1975 (pentru 1950 și 1960), World Bank, World Development Report 1983 (pentru 1970, 1980 și estimații pentru 1995), World Energy Conference, World Energy Balance 2000—2020, Conservation Commission, 1981 (estimații pentru 2000 și 2020)

puțin costisitoare decît abandonarea timpurie a hidrocentralei, din lipsa de apă prin scăderea volumului de acumulare.

Omenirea folosește puțin din potențialul hidroenergetic mondial, așa cum rezultă din participarea acestui potențial în balanța energetică mondială (6%). Apele curgătoare își vor dovedi virtuțile într-un viitor nu prea îndepărtat. Le favorizează costul scăzut al întreținerii după primele investiții și caracterul nepoluant. Ele mai aduc și un plus în peisajul geografic, în care omul și natura conlucrează la crearea unui pitoresc mobilizator, optimizant, recreator.

Din energia primară consumată de omenire la nivelul anilor 1981—1982, la un total de aproximativ 10 miliarde t.e.c., 90% revenea combustibililor fosili din care 45% petrol, 18% gaze naturale, 27% cărbuni, 6% energia hidraulică și 2% energia nucleară. În prezent, se depun toate eforturile pentru folosirea acestora din urmă, două surse primare alături de cărbune și de intrarea în scenă a energiilor neconvenționale, nepoluante și inepuizabile. Despre acestea din urmă, scurte prezentări și mari speranțe ale omenirii redate în partea a treia a lucrării.

*

În *România,* problemele energeticii au o importanță deosebită fiind adoptate la posibilitățile oferite de sursele energetice indigene. Acesta este, de altfel, și un deziderat călăuzitor în politica energetică a țării.

La cerințele industriei țării, rezervele noastre de cărbuni și mai ales de cărbuni superiori (cărbune brun, huilă și antracit), sînt mici, în prezent nesatisfăcătoare pentru angajamentele economice interne. În schimb, avem rezerve mari de lignit, care va deveni suportul de bază în funcționarea termocentralelor, pentru perioada de timp care urmează în tranziția spre noi soluții în energetică.

Se fac cercetări și studii pentru a mări rezervele de cărbuni superiori, cum și pentru adaptarea tehnologiilor de extracție, cu mai mare randament, din minele existente, din zăcămintele în conservare și pentru extracția din structuri adiacente, eventual din zăcăminte nou descoperite.

Cărbunii superiori se vor folosi în industria chimică prin procesele de semicocsificare, cocsificarea și hidrogenera, pentru obținerea semicocsului, a cocsului industrial, pentru obținerea altor produși chimici în care interesează în mare măsură fracțiunea de carburanți.

Petrolul românesc se speră să dea o creștere ascendentă producției prin revitalizarea vechilor zăcăminte (extracția secundară și terțiară), prin descoperirea altor zăcăminte.

Țara noastră și-a creat un prestigiu privind cercetarea structurilor geologice cu posibile acumulări de petrol și gaze. Continuînd opera geologilor români din ul-

timul secol, școala română de geologie și-a îmbunătățit metodele de lucru în colaborare cu geofizica și prin dotarea cu aparatura necesară analizei stratigrafice; analizelor de termodifracție electronică și de rezonanță paramagnetică nucleară pe kerogen; de analize a indicelui de metamorfism; de analiză și de aproximare a potențialului petroligen. Numai după efectuarea unor asemenea studii complete se trece la detalierea cercetărilor pentru identificarea și conturarea zăcămintelor.

Subsolul țării noastre, care a dat pînă în anul 1981 (în 124 de ani) peste 500 mil. t de petrol, în afară de gazele naturale, își arată încă dărnicia și promisiuni pentru viitor.

Gazele naturale și-au dovedit prezența prin aportul lor în nevoile energetice, prin nivelul atins an de an al producțiilor realizate. Aportul gazelor naturale în nevoile energetice este susținut de participarea tot mai accentuată în structura balanței energetice a țării. Ca și alte surse energetice primare, gazele naturale susțin, deocamdată și în viitorul apropiat, nevoile noastre energetice. Cercetările geologice în adîncimea scoarței terestre sînt susținute de concepția formată a existenței acestor gaze și sub nivelul actualelor structuri purtătoare de petrol.

Energia nucleară în țara noastră va fi integrată în sistemul energetic național urmînd să se realizeze, în 1990, 21—22 miliarde kWh în centrale nucleare-electrice.

Despre energia hidraulică și potențialul hidroenergetic amenajabil s-au făcut mențiuni în cadrul acestui capitol. Există un program național de activitate, defalcat pe etape, astfel ca pînă la sfîrșiul acestui secol întregul potențial hidroenergetic amenajabil să fie integrat în nevoile energetice ale țării. Din examinarea modului de participare al surselor de energie primară, din teritoriul țării, se constată o rațională eșalonare a activităților pentru a se depăși criza energetică mondială, pentru obținerea independenței energetice.

Colaborarea strînsă dintre cercetarea geologică și punerea în valoare a surselor energetice, susținută de ajutorul tehnicienilor, tehnologiilor și a utilajelor corespunzătoare, de autoritatea tutelară a factorilor de decizie constituie pietrele unghiulare ale noului edificiu energetic al țării.

SURSE ENERGETICE NECONVENȚIONALE

Unele dintre aceste surse au fost folosite de om încă din antichitate, altele în ultimele două secole, inclusiv în zilele noastre și, în funcție de tehnica viitorului și de relațiile dintre state, de posibilitățile de investiție, noi surse și noi modalități de amenajare își vor oferi valoarea energetică în viitor.

Aceste noi surse (neconvenționale) sînt nepoluante, unele continue, altele regenerabile. Unele derivă din energia solară, altele de căldura internă a Pămîntului, dar există și surse ce pot fi produse prin procedee fizico-chimice și tehnice.

Capitolul 10

SOARELE

Că puterea Soarelui încălzește Pămîntul și păstrează viața, la al cărei început a participat, a fost o constatare intuită de om în dezlegarea unor „taine" ale naturii. Fără Soare, Pămîntul ar fi rămas un corp înghețat și în plină noapte.

Scurt istoric al folosirii energiei solare

În secolul III î.e.n., învățatul grec Arhimede (287—212), inventatorul scripetelui mobil și al roții dințate, al mufei și șurubului infinit, al legii hidrostatice care

Tabelul XXIV

Surse noi de energie: Utilizări actuale și în perspectivă
(în miliarde kwh)

	Potențial	*1980*		*2000*	
		cuantum	*grad de valorificare* %	*cuantum*	*grad de valorificare* %
Energie solară	175 000 000	2—3	a suta milioana parte	2 000	a suta mia parte
Energie geotermică	438 000	55	0,01	1 000	0,2
Energie eoliană	1 500 (S.U.A.)	2	n.d.	1 000	n.d.
Energie mareomotrică	1 800	0,4	0,02	30—60	1,6
Energia valurilor	1 400	0	0	10	0,2
Energie mareotermică	87 500	0	0	1 000	0,1
Total valorificat — cuantumul echivalentului caloric al cantității respective de electricitate (în milioane t.e.c.)		60 7		5 050 620	

Sursa: Calculat pe baza datelor din „Forum du développement" (estimații O.N.U. și Banca Mondială), mars 1981, Congressional Research Service, Energy from the Ocean, U.S. Government Printing Office, April 1978

îi poartă numele (principiul lui Arhimede) ș.a. a ajutat pe concetățenii săi să apere orașul Siracuza, incendiind flota romană cu ajutorul unor oglinzi. Practica aprinde-

rii unor substanțe ușor inflamabile cu ajutorul lentilei este de asemenea cunoscută.

În timpurile mai noi, francezii s-au ocupat mai stăruitor decît alții de captarea căldurii solare și de folosirea ei ca sursă energetică primară. Inginerul francez Mouchet a prezentat la Expoziția din Paris, din anul 1878, o mașină cu aburi care funcționa cu ajutorul căldurii solare. Mașina era alcătuită dintr-o oglindă tronconică cu care se concentra căldura solară asupra unui vas cu apă. Cu vaporii obținuți pe vreme frumoasă, putea dezvolta energie de 1 kwh.

Mai tîrziu, alt francez, Felix Trombe, a construit primul „cuptor solar", cu care a experimentat în Pirienii Orientali. Esențialul a fost o oglindă parabolică cu suprafața de 90 m². A obținut o putere pînă la 100 kW. Alt cuptor solar a fost inventat de către Fonte—Romeau și construit în cadrul „Comitetului național francez pentru energie solară". A fost experimentat la Bonzavia, în Algeria.

Cel mai mare cuptor solar a fost montat la Odeillo, în Pirineii francezi, în urmă cu aproximativ două decenii, sub îndrumarea profesorului Felix Trombe. Cuptorul poate încălzi 2 — 3 t de material (ceramică) pînă la temperatura de 3 500°C. Energia solară este captată cu 63 oglinzi (heliostate) mobile, cu o suprafață totală de 50 m². Heliostatele reflectă razele solare pe o oglindă parabolică cu suprafața de 2 000 m², care concentrează căldura asupra cuptorului așezat în focar.

În ultimii ani s-a putut obține transformarea directă a energiei solare în energie electrică, cu ajutorul celulelor fotovoltaice, numite „pile solare", alcătuite din materiale semiconductoare, obișnuit fiind folosit siliciul.

Rachetele interplanetare și sateliții artificiali au la bord astfel de pile sau baterii solare, care furnizează energia electrică necesară funcționării aparatelor electronice.

Instalații solare, de capacități mici, au fost produse în urmă cu 15—18 ani în Grecia, Spania, Australia, India ș.a. cu destinația să distileze apa sărată din mare. Statele Unite, Franța, Japonia, Uniunea Sovietică sînt printre primele țări care au construit fotocelule cu siliciu. În prezent, astfel de preocupări au atins un înalt nivel pe plan mondial și au ca scop promovarea apara-

turii și a instalațiilor necesare integrării energiei solare în structura balanței energetice.

Și în țara noastră se produc celule solare, fiind folosite atît în unele instalații tehnice, cît și în cercetare.

Energia solară în învelișurile exterioare ale Terrei

Asupra energiei solare s-a mai insistat în capitolul 1 al acestei cărți, în cadrul bugetului energetic al Terrei. Revenim cu o scurtă recapitulare asupra formei de manifestare a energiei solare și în învelișurile exterioare ale planetei.

Soarele trimite spre Pămînt un flux de energie de 170 miliarde de MW an/an = 170 000 TW an/an, o cantitate de energie de peste 100 000 de ori mai mare decît energia produsă de toate centralele de putere din lume. Aproximativ 30% din radiația incidentă solară se reflectă de pe învelișul de nori, de pe praful din atmosferă și de pe suprafața uscatului terestru și a oceanelor. Restul de 70% este absorbită în învelișurile superficiale ale planetei. În aer și apă, sub formă de căldură, se absorb 80 000 TW an/an; 41 000 TW an/an, sub formă de căldură participă în evaporarea apei din oceane, mări și de pe toate suprafețele umede ale continentelor.

Energia solară primită de Pămînt părăsește planeta sub forma de radiații infraroșii (radiația calorică).

Între caracteristicile energiei solare menționăm: este inepuizabilă și nepoluantă; reprezintă un potențial energetic uriaș; este o formă de energie larg dispersată cu un flux energetic maxim de 1 400 W/m^2; cu o intermitență variabilă, în țara noastră cu aproximativ 110 zile durata de însorire.

Conversia energiei solare. Tehnologii solare

Pentru utilizarea energiei solare se practică două metode:

— utilizarea la temperaturi joase, sub 100°C, în sistemul „soft“ și;

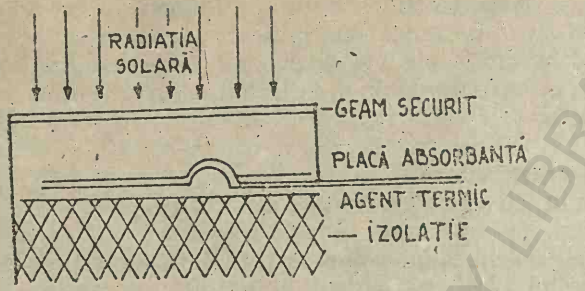


Fig. 20. Secțiune transversală printr-un helioconvertor plan (C. Teodorescu, 1979).

— utilizarea pe o scară largă centralizată, la temperaturi de peste 100°C, pînă la mii de grade, în sistemul „hard".

Utilizări în sistemul „soft". Se aplică pe o scară restrînsă, local, pentru încălzirea locuințelor, pentru apa caldă în gospodării. În acest scop se folosesc instalații simple numite *helioconvertoare* (fig. 20). În acestea se produce încălzirea aerului, ca un efect de seră, temperatura putînd depăși punctul de fierbere al apei. Modelul din figură este un helioconvertor plan. Printre țările care au construit cele mai multe helioconvertoare sînt: Japonia, Israel, Australia, Statele Unite ș.a.

Experiența realizată în România stabilește anumiți parametri energetici în legătură cu folosirea convertoarelor: la suprafața de 15 m² de convertori se furnizează o cantitate de energie termică echivalentă cu cea produsă de o tonă combustibil convențional, cu aplicație la: complexe zootehnice, stațiile pentru încălzirea spațiilor de producție; stațiile pentru uscarea cerealelor; camerele de uscare a lemnului; stațiile pentru încălzit apa în construcțiile social-culturale ș.a. Prin folosirea acestor convertoare se economisesc anual sute de mii tone de combustibil convențional. Se prevede ca în anul 1990, prin încălzirea a 1 500 000 apartamente convenționale, să se economisească 2,2 mil. tone combustibil convențional.

Utilizări în sistemul „hard". Adică la temperaturi ridicate. În acest scop se folosesc oglinzi care pot fi orientate, numite *heliostate,* oglinzi care primesc și reflectă razele asupra unui colector central, plasat pe un turn înalt de 100—250 m sau pe un cuptor în care se realizează temperaturi de sute de grade. Acest sistem poate deveni în cele din urmă cea mai importantă sursă de căldură și de obținere a energiei electrice necesară întregii economii mondiale, nelimitate ca timp și eficiență convenabilă.

La construirea centralelor energetice solare trebuie să se țină seama de potențialul energiei solare care este diferit pe suprafața terestră; este aproximativ de 2,5—3 ori mai intens în limitele latitudinilor mici (între tropice) decît în limitele latitudinilor mari (spre poli) (tabelul XXV). În același timp, variațiile sezoniere ale cantității de radiație solară sînt de zece ori mai mari în lunile de vară decît în lunile de iarnă.

În acest sistem se folosesc două metode: conversia termoelectrică solară (STEC) și metoda celulelor solare cu efect fotovoltaic (P V).

Conversia termoelectrică solară. Se folosesc mii de heliostații plasate la suprafața Pămîntului. Lumina reflectată de heliostate este focalizată asupra unui boiler așezat în vîrful unui turn. Sub influența căldurii primite (de ordinul 600°C), boilerul produce vapori supraîncălziți care acționează asupra turbinei cuplate cu generatoare electrice. Pentru această metodă se cer suprafețe întinse de teren, necesare la plasarea heliostatelor. Un exemplu: pentru o centrală de 100 MW (e) putere instalată, sînt necesare mii de heliostate care laolaltă să dea o suprafață de 0,9 km², așezate pe o suprafață de 3,8 km² teren. Se mai cere o insolație medie de 500 W/m², deci o valoare maximă realizată în zonele însorite, pentru un randament convenabil.

Acest sistem este studiat și proiectat pe mai multe variante în Statele Unite, Japonia și Europa. Prezintă însă dezavantajul că este un sistem greoi, deoarece cere multe construcții, foarte mari cantități de fier, ciment, alte materiale de construcție, cum și mari suprafețe de teren. Pentru randamente mai ridicate ar fi indicat să

Caracteristicile energiei solare ca sursă de energie

Constanta solară	*1533 W/m²*
Temperatura efectivă de radiație a Soarelui	*5760 K*
Iradierea maximă a fascicolelor de raze la nivelul mării.	*~ 1000 W/m²*

Regiunea, iradierea	*kW/m²/zi*	*W/m² (Medie)*
Tropice, deșerturi media anuală	5—6	210—250
Zone temperate pentru poziția orizontală	3—5	130—210
Regiuni mai puțin însorite (ex. Europa de Nord)	2—3	80—130
Iradierea medie anuală a fasciculelor directe în regiunile însorite	7—8	290—330
Radiația medie lunară a fasciculelor directe în regiunile însorite aride	5—10	210—420

(Weingart, 1978)

fie plasate în regiuni bine însorite de unde energia electrică să fie distribuită prin linii de înaltă tensiune regiunilor mai puțin însorite, ceea ce presupune și o largă cooperare internațională.

Apare mai avantajos procedeul prin *celule solare* în *sistemul fotovoltaic*, prin care energia solară este convertită direct în electricitate. Procedeul necesită suprafețe mici de teren, putînd funcționa atît cu radiație solară directă, cît și cu radiația difuză sub un cer predominant noros: are o durată de funcționare mai lungă decît centralele comerciale existente. Funcționează cu randamente pînă la 20%, cu cheltuieli minime pentru întreținere.

Pentru efectul fotovoltaic se folosesc: celule de tip CdS/Cu_2S, cu randament slab; celule cu siliciu, cu randament de 10—20%; celule cu arseniură de galiu, care în combinație cu procedee optice ar putea ajunge la ran-

damente de 13—15%. Acestea din urmă pot fi competitive cu centralele cu conversie termodinamică.

În varianta celulelor cu siliciu se folosesc celule cu siliciu unic, cu siliciu amorf, cu siliciu policristalin și siliciu multijoncțiune vertical. Cea mai frecvent folosită este celula cu siliciu unic, mai ales în cercetările spațiale.

Folosirea acestui procedeu este frînată de costul foarte ridicat al celulelor, care pentru a fi eficiente în nevoile energetice de la sol, ar trebui să ajungă la costul de 0,5 dolar/W, la o instalație maximă de 1 kW/m². În aplicațiile spațiale, costul celulelor este de aproximativ 10 dolari/W. Se speră că tehnologiile de lucru, în viitor, vor putea duce la un preț de cost mai scăzut, acceptabil sub raport economic, fără a le diminua eficiența.

Proiecte îndrăznețe angajează studii variate bazate pe multe cercetări experimentale și subtile calcule ale ordinatoarelor privind captarea energiilor care străbat spațiul nostru de existență, cu același obiectiv final: promovarea noului în ajutorul omului și al vieții. *Peter Glasser* de la „Arthur D. Little Co" din Statele Unite a elaborat conceptul unei stații satelit solare de energie electrică (SSPS).

Schema sintetică a stației satelit este cea din fig. 21. Panoul receptor de energie solară al stației, în suprafață de 5 × 5 mile, ar primi o putere 85 GW, pe o orbită geostaționară, situată la înălțimea de aproximativ 22 000 km deasupra Ecuatorului. Celulele solare, cu un randament de 18%, ar transforma energia primită în 15 GW (e). Prin microunde, energia electrică ar fi trimisă la stația de pe Pămînt, unde antena receptoare, în suprafață de 5 × 5 mile, ar reconverti-o în aproximativ 10 GW (e), cu care s-ar putea alimenta un oraș de mărimea New York-ului. Și în acest sistem se cer mari suprafețe de teren și, la fel, mari cantități de materiale de construcție.

Conversia termoelectrică (termodinamică) solară cu concentrare și cu turn de încălzire a apei a fost aplicată în stații pilot în Franța, în 1976 (54 KW), urmate de alta de 3,5 MW, în 1980 și de Statele Unite în 1978 (6 MW) și în 1982 (10 MW). Se speră că astfel de centrale să devină competitive la sfîrșitul secolului, la puteri instalate de 100 MW (e), cu randamente de 15—20%.

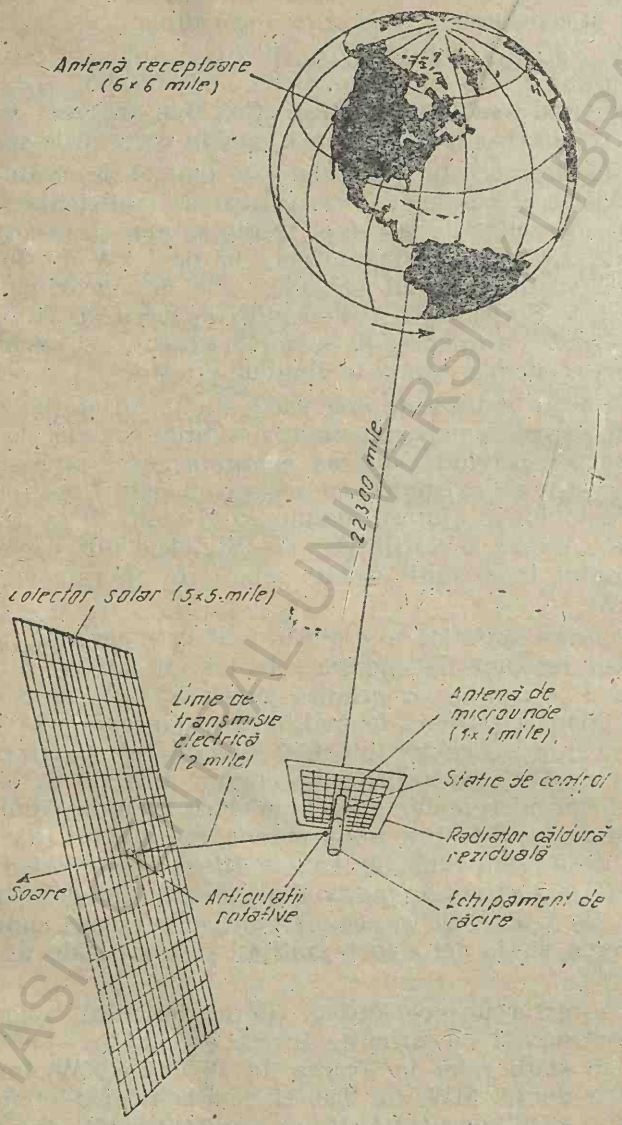


Fig. 21. Stație satelit solară de energie electrică (SSPS).

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În ce privește conversația directă fotovoltaică, competitivă va fi varianta cu celule realizate din siliciu policristalin, probabil înainte de anul 2000.

Energia eoliană

Utilizări ale energiei eoliene, după unele documente, au început în antichitate, în Persia, în Regiunea Golfului și în Orientul Apropiat, unde serveau la pomparea apei și la măcinatul grăunțelor. În Europa, se crede că ar fi fost aduse de cruciații întorși în secolul al XIII-lea. Cei care au aplicat energia eoliană, mai întîi și mai extins, au fost olandezii, în secolul al XIV-lea. Au folosit morile de vînt pentru drenarea și asanarea lacurilor și a mlaștinilor, ulterior în irigații.

Morile de vînt au fost extinse și în restul Europei, unde li s-au găsit și alte întrebuințări ca acționarea unor mașini simple și a ferăstraielor (joagărelor). În S.U.A. utilizarea morilor de vînt a cunoscut un avînt extins și accelerat, între anii 1880 — 1930, cînd numărul lor a ajuns la 6,5 milioane.

Pînă în primele trei decenii din acest secol, puterea instalată nu a atins mai mult de cîteva zeci de kilowați. Începînd cu deceniul al patrulea, au apărut și generatoare electrice acționate de vînt, cu o putere instalată de 1 250 kW, cum a fost cel instalat la Vermont în Statele Unite, sau cel din Franța, de la Saint Remy des Lundes, de 1 000 kW. În ultimele decenii interesul pentru energia eoliană a regresat din cauza prețului scăzut al hidrocarburilor, pentru a se reveni din nou în ultimii ani, la această formă gratuită de energie.

După unele estimări generale, potențialul energetic eolian are valorile următoare:

— pentru întregul glob: (13—15) $\times$ 10^{12} MWh/an;

— pentru suprafața uscatului: 1,7 $\times$ 10^{12} MWh/an;

— pentru țara noastră: (120—150) $\times$ 10^{6} MWh/an.

Disponibilul energetic a fost estimat pînă la înălțimea de 200 m în atmosferă, în regiunile de coastă, fără munți și fără regiunile polare, fără zonele nelocuite și numai între latitudinile de 50° nord și sud. Potențial energetic mondial, 3 TW an/an.

Folosirea energiei eoliene este practic rentabilă dacă viteza vîntului depășește 14 km/oră.

La Chiajna, lîngă București, a fost construită o stație eoliană pentru pomparea apei. Astfel de turbine se vor construi în anii următori în Bărăgan. În Delta Dunării a fost instalată o turbină de 30 kW. În aceste zone (Bărăgan, Deltă) se pot utiliza pînă la 60% din curenții de aer, cu randamente de 20—40%, ceea ce reține atenția proiectanților în energetică. În R. F. Germania, instalația GROWIAN, cu o putere instalată de 3 MW, are o înălțime de 120 m, diametrul rotorului fiind de 100,4 m. Energeticienii vest-germani au un proiect pentru o instalație de 5 MW. Un alt proiect pentru o centrală eoliană cu o putere instalată de 10 MW atinge limita maximă a posibilităților în acest domeniu. Are 170 m înălțime, cu diametrul rotorului de 160 m.

În statul Carolina de Nord, N.A.S.A. a și instalat, în 1981, o turbină a cărei pale au lungimea de 30 m.

Zonele cele mai favorabile captării energiei eoliene în România sînt: Dobrogea, Bărăgan și partea de nord a Moldovei.

În utilizarea energiei vîntului apar următoarele etape. Extragerea energiei, conversia energiei, stocarea și în sfîrșit utilizarea energiei. În prima etapă se obține energia mecanică la axul turbinei. În a doua etapă se produce conversia energiei mecanice în alte forme de energie: energia hidraulică, energia electrică, energia calorică, energia pneumatică. În etapa a treia se face stocarea energiei obținute în etapa a doua în: pompe de căldură, recipienți de aer comprimat, baterii de acumulatori, apă caldă ș.a.

În ultima etapă are loc folosirea energiei obținute în nevoi curente, în irigații, curent electric, apă caldă, desecări, irigații.

Cele mai importante utilizări sînt: producerea curentului electric, alimentarea cu apă, producerea aerului comprimat și producerea de căldură.

Pentru amplasarea turbinelor se fac studii amănunțite în legătură cu: relieful și direcția vînturilor predominante, cu distanța între turbine, cu intensitatea și durata vîntului, cu estetica peisajului, cum și cu structurile interne ale turbinei, privind rezistența și durabilitatea instalației.

Deși pe plan mondial, potențialul energetic amenajabil al energiei eoliene este scăzut, nevoia de energie curată, nepoluantă și cu materia primă gratuită îndeamnă la preocupări și în această direcție, pentru turbine eoliene cu puterea instalată de 1 — 10 MW.

Energia oceanelor

Oceanele înmagazinează cantități enorme de energie solară, estimată la un echivalent energetic de aproximativ 100 mld. t de petrol pe an. Se manifestă în energia mareotermică, curenți oceanici și valuri.

Energia mareotermică

Se poate capta prin aplicarea principiului folosirii unor fluide care au punctul de fierbere la un nivel scăzut ca freonul, amoniacul, propanul. Acestea circulă în tuburi închise între nivelul de suprafață, cu temperatura de 30°C și nivelelor adînci (cu temperatura de 6°C la adîncimea de 500 m și cu temperatura de 4°C la adîncimea de 1 000 m). La contactul cu stratul cald de la suprafață lichidele se evaporă. Vaporii rezultați acționează turbinele plasate în circuitul lor. Ajunși și nivelele apei cu temperatură scăzută, vaporii se condensează și reiau circuitul.

Cea dintîi centrală mareotermică sau oceanotermică a fost realizată de inginerul francez Georges Claude prin anii '30, în Marea Caraibilor. A funcționat cu o putere instalată de 27 kW. Instalația a eșuat în urma unei furtuni marine. A intervenit apoi euforia abundenței de petrol ca sursă energetică, sistînd astfel de preocupări.

După anul 1973, mai multe state au alocat importante fonduri pentru studii și proiecte privind valorificarea surselor energetice neconvenționale. În Statele Unite, prin Programul OTEC (Conversia Energiei Termice a Oceanelor), în 1978 au fost alocate 36 milioane dolari. A fost construită o minicentrală lîngă insula Hawaii, cu o putere de 5 kW, care folosea amoniacul în circulația tuburilor submerse. Au urmat alte stații OTEC cu o putere de 1000 kW, urmînd ca după 1990 toate centralele oceanotermice să aibă o putere instalată de 10 000 MW.

Curenții oceanici

Pot acționa paletele unei turbine hidraulice, care apoi pune în mișcare generatoarele de curent alternativ plasate pe circumferințele elicei. Calcule efectuate susțin că la viteza Golfstreamului, cuprinsă între 50—150 km/24 ore, o singură rețea alcătuită din 31 grupuri a cîte 14 turbine, distribuite pe 60 km lungime și 30 km lățime, ar putea dezvolta 16 000 MW, putere egală cu a 10 centrale nucleare.

Valurile oceanice

Ca potențial energetic, au atras numeroase studii și cercetări materializate în sute de brevete. Puterea medie a unui val oceanic (marin) variază între 50 și 8 kW pe metru liniar de front maritim amenajabil. Au fost obținute bune rezultate în Atlanticul de Nord. În Marea Britanie, de pildă, au fost elaborate multe proiecte, în condițiile în care energia valurilor este estimată la 8—9 TW an/an. Se cer instalații care să reziste și să funcționeze normal în fața valurilor cu înălțimi de la 3 la 30 m.

Trustul Lockheed (S.U.A.) experimentează o instalație de exploatare a forței valurilor. Proiectul presupune ancorarea în larg a unei insule artificiale de forma unui colac de salvare, cu diametrul de 76 m, cu puțin mai înalt decît suprafața mării. Valurile care depășesc pragul colacului fac ca apa să cadă într-o pîlnie din zona interioară delimitată de colac, unde acționează o turbină. Au fost emise și alte variante. Problemele care se pun nu sînt atît de natură tehnologică, cît și de competitivitatea economică cu alte surse energetice. Limita economică, la nivelul anilor 1979—1981 era de 20 kW pe metru liniar, față de numai 6,75 kW/m cît s-a realizat. Datorită randamentului alteator, manifestat prin variația continuă a elementelor caracteristice, energiilor solare directe, eoliene și a valurilor, s-a emis ideea exploatării lor în concomitență, în centrale marine prevăzute cu instalații mixte (C. Julian, 1980, 1981).

Bioconversia energiei solare. Fotosinteza. Biomasa

Bioconversia este transformarea energiei solare în potențialul chimic care alcătuiește corpul viețuitoarelor. Este un proces al conversiei energiei solare, la temperaturi joase, efectuat de clorofilă; procesul de fotosinteză, cel mai important între fenomenele biologice este fenomenul creator al biomasei actuale și de totdeauna, inclusiv a combustibililor fosili care, prin ardere, ne încălzesc cu energia solară din timpul existenței lor vegetale.

Randamentul conversiei energiei solare prin fotosinteză este cuprins între 0,25 și 5%. În România este aproximativ 1,3%. Cu randamentul actual se poate stoca, prin fotosinteză, numai în patru zile echivalentul consumului anual mondial de energie.

Văzută sub raportul potențialului energetic, biomasa — cu potențialul ei energetic de 100 TW an/an — se distribuie după cum urmează:

— 23 TW an/an în biomasa mlaștinilor, pășunilor și tundrelor;

— 29 TW an/an în păduri;

— 10 TW an/an în terenuri cultivate;

— 38 TW an/an în algele oceanice (B. Botin, 1979).

A fost estimat și consumul de biomasă, mondial, la nivelul anului 1979:

— consumul de hrană uman, direct = 0,4 TW an/an (rația 2 200 cal/om);

— consumul animalelor, estimat = 0,6 TW an/an;

— lemnul exploatat = 0,8 TW an/an;

— pierderi la recoltare = 0,7 TW an/an

Pierderile la recoltare se raportează la producția de carbon — pierderi care se întorc în sol.

Conversia biomasei în produși energetici

Bioenergia proprie i-a folosit omului în primele etape ale dezvoltării sale istorice. După domesticirea animalelor acesteia i-au asigurat existența la o calitate mai ridicată. Tracțiunea animală, de vîrstă multimilenară, se folosește și astăzi de către mai mult de jumătate din populația globului. Caii-putere ai animalelor asigură numai în India un echivalent de 30 000 MW. În acea țară

Tabelul XXVI

Aport energetic al biomasei

	Suprafața (milioane km²)	Producție anuală de biomasă		Biomasă acumulată	
		Materie uscată (miliarde t)	% din total	Materie uscată (miliarde t)	% din total
Păduri și zone arbustive	57,0	79,9	68,5	1 700,0	92,6
Savane și preerii	23,5	18,9	16,2	74,0	4,0
Terenuri cultivate	14,5	9,1	7,8	14,0	0,8
Alte terenuri (tundră, deșerturi, mlaștini)	52,0	8,8	7,5	48,5	2,6
Biomasă totală	147,0	116,7	100,0	1 836,5	100,0
Aport energetic (în miliarde t.e.c.)		60,9		959,3	

Sursa : F.A.O., „Cérès", janvier-février 1983

80 milioane de oameni sînt angajați la cultivarea a două treimi din suprafețele cultivate, atelajele tractate de animale asigurînd și două treimi din transporturile rurale.

În țări industrializate ca S.U.A., Marea Britanie, R.F. Germania, Suedia ș.a. tracțiunea animală este adesea preferată celei motorizate. De altfel, este știut că sînt sectoare în care tracțiunea animală este de neînlocuit.

Potențialul chimic al biomasei prin fenomene biotice și prin diferite tehnologii poate fi convertit în produși energetici.

Biomasa, sursă de combustibili. Cercetările efectuate în aceste direcții au dus la rezultate surprinzătoare și la concluzia că pot fi cultivate unele specii vegetale chiar și numai pentru valoarea lor energetică. Între aceste plante apare și familia *Euphorbia-*

ceae, cu speciile *Euphorbia lathyris* și *E. trucalli*, care cresc în Brazilia pe terenuri sărace, între tropice. Tot în Brazilia crește și cobaiferul, un copac în metabolismul căruia se formează un lichid bogat în hidrocarburi și care poate fi folosit drept combustibil pentru autovehicole.

Sînt unele plante în metabolismul cărora carbonul asimilat prin fotosinteze este transformat în proporție ridicată, în hidrocarburi, ca de exemplu arborele de cauciuc *(Hevea brasiliensis)*. Tot din această familie mai face parte *Manihot glaziovii*, manihotul bogat în latex și *Manihot edulis*, maniocul, cu organele subterane bogate în amidon.

Din familia *Moraceae*, bogate în latex sînt: *Castilloa elastica* din America Centrală și Antile și genul *Ficus*. Din familia *Compositaelor*, *Artemisia argentata*, răspîndită în Mexic, conține un latex cu 30—80% hidrocarburi, *Helianthus tuberosus* (napii porcești) conține amidon și 15—20% inulină. *Inula helenium* este și ea bogată în inulină un produs ușor convertibil în hidrocarburi.

Bogat în hidrocarburi este și genul *Kickzia* din Africa. Din trestia de zahăr, în Brazilia, în 1980, s-a obținut 3,5 miliarde litri de alcool, care în amestec cu 20—30% benzină formează „gazoholul", e un carburant pentru autovehicole.

În statele Nebraska și în Hawaii (S.U.A.) se produce un biocombustibil din cereale de calitate inferioară din trestie de zahăr, manioc și arbori fără valoare, carburolul, care se prevede ca în anul 1990 să înlocuiască 20 mil.t benzină.

Alte experimentări se fac cu coceni de porumb, paie, napi porcești, sfeclă, prin fermentația acetobutilică, din care rezultă acetonă, metanol, butanol care în amestec cu 50% benzină poate fi folosit în motoarele autovehicolelor.

Bumbacul sălbatic, zambila de apă și ricinul, ca și păpădia au un conținut de latex și hidrocarburi interesant sub acest aspect. Zambila de apă dulce poate produce 20—30 kg biomasă pe metru pătrat, deci 200—300 t la hectar.

De altă parte, cultura intensivă a algelor marine asigură în mod accelerat mari cantități de biomasă, pînă

la 100 kg de extras uscat la hectar într-o zi, extras care ar putea ajunge pînă la 180 kg. Cantitatea de extras uscat, într-un an, ar putea ajunge pînă la 60 t, cu un echivalent energetic de 74 000 kWh.

Masa de celuloză a plantelor, în urma unor tehnologii chimice trece în glucoză și aceasta în metanol, care este o sursă energetică. Din flux tehnologic cunoscut, rezultă că o tonă de hîrtie dă 500 kg glucoză, din care se obțin 250 de metanol (alcool metilic).

Cunoscînd valoarea energetică a biomasei, se va trece la cultura intensivă a unor specii vegetale cu randament fotosintetic și de creștere ridicat. Recoltări dese pot asigura cantități mari de biomasă, disponibilă conversiei în energie. O variantă a acestei linii de activitate ar fi cultivarea unor specii lemnoase cu creștere rapidă. Acestea ar putea fi cultivate în terenuri improprii agriculturii (terenuri mlăștinoase, terenuri în pantă ș.a.). Biomasa recoltată urmează a fi supusă unor tratamente, între care și piroliza, pentru obținerea de combustibili lichizi și gazoși în flux continuu. Deșeurile asigură și ele un bun adaus îngrășămintelor pentru ogoare.

Hidrogen eliberat prin metabolismul vegetal. În fotosinteză plantele verzi folosesc apa și dioxidul de carbon pentru crearea materiei organice. Energia solară este convertită și stocată ca potențial chimic al materiei organice rezultate. În schimbul de gaze cu atmosfera, în locul unei molecule de dioxid de carbon absorbite, se eliberează o moleculă de oxigen. În interiorul celulei verzi, apa este disociată prin intervenția fotonilor în oxigenul care se eliberează și hidrogenul care reduce dioxidul de carbon cu care formează primul compus organic, aldehida formică. În reacțiile bioenergetice ale metabolismului unor vegetale apare însă și producerea și eliberarea hidrogenului liber în/prin anumite țesuturi, cum sînt „nodulii" sau „nodozitățile" de pe organele vegetative. Pe rădăcinile unor plante din familia Papilionacee apare astfel de noduli în care prin simbioza dintre rădăcină și o bacterie *(Rhysobium leguminosarum)* se produce fixarea ozonului liber în azotații care se fixează în noduli; astfel de nodozități sînt fixate ereditar, prin mecanismele codului genetic. Alți noduli apar pe

frunze, ca urmare o înțepării unor insecte, noduli numiți și „gogoși".

Prin noduli ai unor papilionaceae se eliberează în atmosferă și hidrogen. În Statele Unite, după o estimare recentă, s-ar elibera, în plantațiile de soia *(Glycine hispida)* aproximativ 30 miliarde m^3 hidrogen pe an *(W. J. Brill,* 1977).

Unele alge inferioare, anume algele *albastre-verzi* conțin o enzimă, hidrogeneză, sub acțiunea catalitică a căreia se produce *fotoliza apei,* în care se eliberează hidrogen în flux continuu. Cultivarea acestor bacterii în condițiile unei fotosinteze accelerate, ar spori cantitatea acestei enzime producătoare de hidrogen.

În mod similar, unele alge de talie superioară produc mari cantități de metan și de alte hidrocarburi.

Constatările menționate devin premizele pentru viitoarele concepte ale tehnicilor de inginerie genetică și de colectare a hidrogenului. Invitația la studii și la profitul energetic sînt atrăgătoare și se speră că ipotezele de lucru să nu întîrzie.

Hidrogenul, prin ardere, eliberează de trei ori mai multă energie decît benzina. Dată fiind rezerva inepuizabilă și regenerabilă de materie care conține hidrogen, se fac cercetări pe multiple căi pentru obținerea acestuia ca înlocuitor a actualelor surse energetice. În fruntea țărilor cu astfel de preocupări sînt: S.U.A., Italia, U.R.S.S., Franța, Japonia ș.a.

O problemă care își va găsi rezolvarea este cea a stocării hidrogenului obținut. În S.U.A. se folosesc hidrurile metalice. În România o astfel de preocupare și-a însușit o echipă de cercetători la Cluj-Napoca, folosind hidrura de fier și titan.

Biogazul. Biomasa sau deșeurile rezultate de la unitățile zootehnice, sub acțiunea unor microorganisme anaerobe, suferă o fermentație metanică. Fără a ne mai raporta la cantitățile enorme de materie vie, pe uscat și în apele oceanelor și la potențialul lor energetic, în cele ce urmează ne vom referi la puținul și foarte necesarul potențial al deșeurilor rezultate de pe urma activității agricole și a celor produse în unitățile zootehnice. Potențialul la care ne-am referit este puțin față de cel înglobat în biosferă, dar este mult, prin valoarea lui

energetică, expus degradării, dacă nu se vor accelera inițiativele luate de a integra acest potențial în nevoile noastre curente, cu o contribuție hotărîtoare ca sursă energetică regeneratoare și continuă în consumul energetic.

Biogazul este un amestec de gaze în care predomină metanul (65—70%), urmat de dioxidul de carbon (25—30%) și de alte gaze (aproximativ 5%), între care azot, hidrogen sulfurat și oxid de carbon. Fermentația metanică este îndeplinită de bacteriile *Methanosarcina barkerii, Methanosarcina methanica* și altele, în spații lipsite de oxigen.

Materialul folosit la alimentarea instalației este un amestec de deșeuri, ca: dejecții de la animale, dejecții umane, paie, frunze, buruieni, cum și orice reziduuri care conțin substanțe organice. Pentru a se putea realiza o fermentație eficientă se cer cîteva reguli care nu pot fi neglijate. Prezentarea acestora depășește profilul cărții de față (vezi Stancu, V., *Flacăra biogazului,* Edit. Ceres, 1982). Broșura prezintă o schiță de instalație de capacitate mică pentru gospodării individuale, schițe pentru instalații de capacități medii și mari necesare unor grupuri de case, unităților agro-zootehnice, unităților economice izolate etc.

În fig. 22 se dă schița unei instalații dintre cele mai simple, proiectată și executată de profesorul Constantin Baron de la liceul „Titu Maiorescu" din Giurgiu.

Cu cantitatea de deșeuri organice existente se pot crea disponibilități energetice importante și cu o pondere de luat în considerare pentru structura balanței energetice a țării. Ar fi o participare la hotărîrea conducerii superioare a țării pentru a se realiza cît mai curînd autonomia energetică a țării. Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie face toate înlesnirile în acest scop, în colaborare cu institutele de învățămînt superior, cu întreprinderile de profil.

Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie a elaborat mai multe tipuri de instalații cu capacități de 5, 7, 10 și 25 m^3/zi. La Palas—Constanța funcționează din 1983, o instalație cu capacitatea de 6 000 m^3/zi. La Tomești, jud. Iași, este o altă instalație cu capacitatea de 8 000 m^3/zi. Un centru care se impune în această direcție este municipiul Pitești.

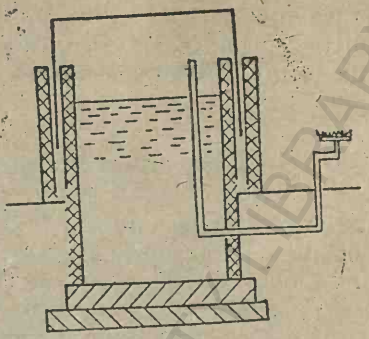


Fig. 22. Instalație de producere a biogazului realizată de prof. C. Baron.

De peste două decenii la grupul școlar de construcții din Pitești, generațiile de elevi de la toate formele de învățămînt, începînd cu cel profesional și sfîrșind cu cel postliceal și de maiștri, au fost inițiate în producerea și valorificarea biogazului. Această tradiție pe linie de învățămînt se continuă și se amplifică.

Capitolul 11

ENERGIA GEOTERMICĂ

În capitolul 1 al acestei cărți au fost date unele considerații asupra căldurii interne a Pămîntului și asupra fluxului termic care se manifestă, de la interior, în învelișurile exterioare ale planetei noastre.

Cele mai ridicate valori ale fluxului termic sînt legate de marele „cerc de foc" al Oceanului Pacific, de întinsul lanț de vulcani activi care se găsesc pe coasta vestică a Oceanului Pacific pînă în părțile sudice ale acestuia, cum și pe coasta americană din Alaska pînă în părțile sudice ale Americii de Sud. Un alt aliniament vulcanic începe din Atlanticul de Sud — insulele Canare — Italia — Grecia — Turcia — Orientul Apropiat — Oceanul Indian. Abateri de la aceste două întinse structuri vulcanice oferă Islanda și mai ales centrele vul-

canice ale Africii — Kenya și Kilimandjaro. Dar aceste centre vulcanice sînt situate în zone de vîrf, care au un flux termic ridicat.

Originea izvoarelor fierbinți

Manifestările vulcanice și de interes geotermic sînt asociate cu marginile plăcilor tectonice și cu raporturile funcționale ale acestora, în care apar fenomene tectonice de amploare, cu descărcări ale presiunii litostatice și migrație a magmelor înspre și pînă în grosimea scoarței, cu dezvoltarea aparatelor vulcanice. Faza finală a activității vulcanice se caracterizează prin activitate hidrotermală cu produși a căror temperatură scade de la fumerole la solfatare, la mofete, cu cea mai scăzută temperatură. Acesta este unul dintre mecanismele geologice prin care se formează și se alimentează izvoarele termale.

O intruziune vulcanică s-a ridicat în scoarța terestră pînă la adîncimi cuprinse între 6 000 și 15 000 m, dar nu a reușit să genereze aparate vulcanice. Intruziunea a rămas ca un cuptor fierbinte, cu margini solidificate, de la care se propagă căldura înspre exterior și de aici prin rocile acoperitoare, spre suprafață. Propagarea căldurii se face prin conductivitate din spre sursa caldă la mediul rece.

Cînd în rocile acoperitoare impermeabile se găsesc fracturi care pot avea dimensiuni mari, ajungînd pînă la suprafață, prin acestea se face un transfer mai activ de căldură și de gaze fierbinți degajate din intruziune. Avînd în vedere întinderea regională a intruziunilor, durata lor de răcire durează milioane de ani în care se manifestă în mod neîntrerupt și funcția izvoarelor geotermice. Se mai admite ca în acoperișul formațiunilor fracturate care acopăr intruziunea să se găsească depozite sedimentare poroase prin care să circule apă meteorică, infiltrată din ploile care se succed în cursul timpului și care au o circulație subterană, cu descărcări de-a lungul unor dislocații ale stratelor.

În mecanismul ipotetic propus apare o „sursă geotermică perturbantă": este intruziunea magmatică, din care

se transferă cantități mari de căldură în stratul acvifer căruia îi ridică temperatura. Acesta devine o „sursă geotermică perturbantă" și din el se alimentează izvoarele calde și chiar fierbinți.

Clasificarea ariilor și a zăcămintelor după valoarea lor geotermică

Pe suprafața terestră cele mai răspîndite arii sînt cele cu un flux de căldură și gradiant geotermică de 10—40°C pe adîncimea de un kilometru; se numesc arii netermale. Apar însă și arii cu valori de 40—70°C pe adîncimea de un kilometru; sînt *arii semitermale*. Cele mai rar întîlnite sînt *ariile hipertermale*, cu valori mai mari de 70°C pe adîncimea de un kilometru. În aceste arii situate de regulă pe zonele mai active de pe marginile plăcilor și ale microplăcilor tectonice se găsesc și cele mai frecvente structuri hidrogeotermice în care se acumulează „sursa geotermică", adică zăcămintele de apă geotermală. Acestea sînt de un mare interes hidroenergetic și geotermic. După temperatura și debitul cu care apar la suprafață, sînt:

— zăcăminte hidrotermale umede cu temperatura apei mai mare de 100°C;

— zăcăminte hidrotermale uscate, cu vapori saturați și suprasaturați și cu o presiune mai ridicată decît cea a atmosferei. Au mai fost înregistrate și zăcăminte hidrotermale presurate, la adîncimi mari, chiar și în arii netermale, ca la nord de Golful Mexic, unde gradientul geotermic este 27—29°C la un kilometru adîncime, situat la adîncimea de 6 000 m, cu o temperatură de aproximativ 150°C și la presiunea corespunzătoare adîncimii.

Structuri hidrogeotermice mai importante

Redăm, după *Șt. Airinei*, tipurile principale de provincii geologice determinate de termohidrostructurile pe care le conțin:

— Provincii care cuprind centre vulcanice active, de vîrstă cuaternară, cu cele mai ridicate temperaturi ale

zăcămintelor (180—300°C). Zăcămintele acestor provincii sînt legate de apropierea unor coșuri vulcanice sau chiar de procese vulcanice în desfășurare, în așa numitele caldere. Legături cu coșuri vulcanice intens fracturate au fost identificate în Italia, U.R.S.S., Japonia ș.a. În alte părți, procese tectonice, cu deblocări și fisurări ample, ca în Islanda, Noua Zeelandă, Statele Unite, U.R.S.S., răspund de un hidrotermalism ridicat.

— Provincii în care domină procese tectonice de vîrstă cenozoică (neozoică, „terțiară") care au apa cu temperaturi cuprinse între 70—250°C. Structurile hidrogeotermice se găsesc în următoarele relații cu tectonica și magmatismul: în zonele cu blocuri faliate din spatele catenelor tinere (Larderello — Italia, Surprise Walley — Statele Unite, Kîsîlderé — Turcia ș.a.); în zonele de rift (Islanda, Olkaria — Kenya, Sempaga — Uganda în Africa ș.a.); în depresiuni intermontane (Ungaria, Statele Unite ș.a.).

— Provincii situate în fața cordilierelor tinere sau de pe platforme, ale căror ape au temperaturi cuprinse între 60—100°C, cum sînt termohidrostructurile Karlovy-Vary și bazinul Sokolov (Cehoslovacia), cele din vestul Siberiei, din Precaucaz, din stepa Crimeii ș.a.

Apare deci influența vecinătății mai active sau mai domoale în procesele magmatice care generează „sursa geotermică perturbantă".

Potențialul geotermic al subsolului României

Cercetările geologice și geofizice angajate la început în activități pentru identificarea structurilor susceptibile de acumulări de hidrocarburi, mai tîrziu și pentru identificarea și descifrarea termogeostructurilor, au ajuns la rezultate valoroase în ce privește poziția, structura și mediul geologic în care sînt cuprinse. Au fost conturate principalele regiuni cu anomalii geotermice.

• *Anomalia geotermică din Carpații Orientali* este dezvoltată pe marginea estică a microplăcii interalpine (din interiorul Transilvaniei). Regiunea este afectată de numeroase fracturi, apărute succesiv prin subducția plăcii est-europene și prin intense procese de vulcanism cunoscute în estul Transilvaniei. O bogată rețea de frac-

turi locale înlesnesc străbaterea spre exterior a produșilor postvulcanice (solfatare, mofete, ape termale) cunoscute în regiune.

• *Anomalia geotermică din partea central-vestică a Munteniei și Olteniei,* în partea de nord-vest a liniei dintre microplaca moesică și macroplaca interalpină. Anomalia este dezvoltată și aici pe un ansamblu de fracturi crustale. În cadrul ei mai important este zăcămîntul dat de Băile Herculane.

• *Anomalia geotermică din Cîmpia de Vest.* Este cea mai dezvoltată și îi vom acorda o mai mare atenție. Anomalia este dezvoltată în lungul rîului Tisa, de ambele părți a acestuia, cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea „anomalia geotermică regională Tisa". Pe teritoriul Ungariei are o întindere de 40 000 km², fiind printre cele mai mari din lume. O parte a anomaliei din stînga Tisei se întinde în țara noastră de la Carei pînă în Banat.

Prezența structurii geotermale a fost cunoscută prin izvoarele termale existente în depresiunea din vestul țării.

Scufundarea teritoriului Cîmpiei de Vest s-a produs în etape la începutul erei neozoice. A rezultat o morfologie a fundamentului în formă de grabene și horsturi separate prin fracturi crustale. Peste această morfologie au urmat depuneri ale sedimentelor paleogene, miocene, pliocene și cuaternare, în care s-au acumulat strate acvifere. Se deosebesc două categorii de strate acvifere:

— strate freatice, cantonate în depozite cuaternare de terasă, de aluviuni ale rîurilor și de depozite deluviale; se alimentează din precipitații atmosferice (ploi și ninsori);

— strate acvifere de adîncime, cuprinse în formațiuni mai vechi (pliocene, miocene, paleogene și mezozoice); se alimentează prin capetele de strat existente în structura ramei de est a Cîmpiei de Vest. Stratele acvifere termale se găsesc numai în formațiunile panonianului, miocenului și în formațiunile carbonatate ale mezozoicului.

Faliile separatoare a horsturilor (bloc din fundament ridicat) de grabene (bloc din fundament scufundat) au constituit și constituie căile de ridicare a agenților cu

temperatură ridicată care mențin temperatura apei calde din zăcământ.

În cadrul anomaliei hidrogeotermice din Cîmpia de Vest se deosebesc două anomalii geotermice subregionale: Satu Mare—Oradea și Arad—Timișoara. Pot fi și anomalii locale: Băile Felix—1 Mai, Moneasa, Vața, Călan ș.a.

Forajele efectuate în Cîmpia de Vest pînă în 1981 au identificat 16 zone anomale geotermice legate de formațiuni pliocenice și miocenice, cu valori ale treptei geotermice de la 14 la 19 m/°C și cu temperaturi de 50—90°C, cu un debit între 80 și 17 000 m^3/zi, între localitățile Carei și Teremia Mare. Zăcămintele din nisipurile panoniene au temperaturi cuprinse între 60 și 96°C și debite de la 1 000 la 3 000 m^3/zi.

Utilizarea potențialului geotermic

Documente istorice vechi și resturi ale unor construcții atestă că apele termale au fost folosite la încălzitul locuințelor și a altor incinte precum și pentru băi. Exemple se cunosc multe în teritoriile ocupate de întinsul imperiu roman. Astfel pe teritoriul țării noastre stau mărturie Băile Herculane, Băile Geoagiu, Călan ș.a.

Apele gheizerilor din Islanda au fost utilizate la încălzirea locuințelor și a serelor.

În anul 1825, François de Larderel, francez emigrant la Florența, a folosit căldura soffionilor și a înființat o societate pentru exploatarea căldurii interne a Pămîntului. În timpul cercetărilor efectuate, s-a produs o erupție de vapori, în 1836. Puterea acelor gaze nu a fost folosită decît în anul 1905, cînd mica localitate Larderello a fost luminată cu energie electrică, produs de un generator acționat cu vapori captați din soffion. Cîteva sute de foraje, pînă la adîncimi de 600 m, asigură un debit de vapori care acționează turbina cu o putere instalată de 250 000 kW. În anul 1967 au fost descoperite alte izvoare fierbinți în regiunea Monte Amiata din Italia. S-a construit o nouă centrală, care împreună cu cea de la Larderello, asigură o putere de 540 000 kW. Vaporii țîșnesc cu o presiune de 200 atmosfere, au o temperatură de 200°C. Italia este prima țară din lume în

care a fost valorificată energia geotermică pentru producerea curentului electric. Ulterior au mai fost descoperite alte cîmpuri geotermice, în regiunea Latium și Pancelaria.

În Statele Unite, începînd din anul 1960, funcționează o uzină electrică de 58 MW, acționată de vaporii unui gheizer din regiunea San Francisco, la un preț de cost cu 23% sub cel al termocentralelor. Forajele executate în Mexic au identificat izvoare cu aceeași capacitate ca în California. A fost construită o centrală geotermică în 1971, cu o putere instalată de 75 MW. Alte zone geologice cu un potențial geotermic ridicat se găsește în statele: Idaho, Nevada, Oregon.

Orașul japonez Marioka și localitățile din apropiere au fost printre primele alimentate cu energie electrică produsă de o centrală geotermică. Are o putere instalată de 20 000 kW. Vaporii, cu o temperatură de 200°C au fost captați de la adîncimi de 1 000—1 500 m. Japonia, pe teritoriul căreia vulcanii activi aduc cantități mari de căldură în potențialul geotermic, continuă utilizarea acestuia.

De asemenea vulcanii Wairakei și Taupo, din Noua Zeelandă, degajă în continuu vapori captați de multe secole.

Uniunea Sovietică a construit una din primele ei centrale geotermice în Valea Bandjetka din zona vulcanică a Peninsulei Kamceatka.

În 1982 erau 14 țări cu instalații electrogeotermice: S.U.A., 936 MW, Filipine, 570 MW, Italia, 440 MW; Noua Zeelandă, 202 MW; U.R.S.S, 200 MW; Mexic, 100 MW; Japonia, 30 MW; Kenya, 30 MW; R. P. Chineză, 4 MW; Portugalia, 3 MW; Turcia, 0,5 MW. În 1983 urmau să se construiască astfel de instalații în Nicaragua (35 MW); Guatemala (17,4 MW); Costa Rica ș.a. (68).

În multe țări a început folosirea apelor calde din zonele geotermice la încălzirea locuințelor și a serelor.

Alte țări în care au fost identificate cîmpuri geotermice sînt: Chile, Antilele franceze, Bolivia, Columbia, Ecuador, Peru, India, Indonezia, Djilouti, Etiopia, Ungaria, Cehoslovacia, Polonia, Grecia, România, Spania. În R. P. Chineză au fost identificate 2 600 zone promițătoare, cu un potențial mai ridicat în Tibet.

Conferința mondială de energie din 1977 preconiza o producție mondială de energie electrogeotermică de 10 000 MW în 1985, de 100 000 MW în anul 2000.

În țara noastră pionieratul în folosirea potențialului geotermic la încălzitul serelor și parțial al unor locuințe îl deține municipiul Oradea. Tot în Oradea în ultimii ani un institut de învățămînt superior și-a asigurat autonomia energetică prin instalații proprii. În acest sens colectivul de specialiști au folosit apele geotermale la institut scutind un consum de 1 000 tone petrol/an. Apa folosită, la o temperatură de 80—90°C, este acționată de dioxidul de carbon, care, încălzit, mărește presiunea apei pînă la capacitatea de a acționa o turbină cu o putere instalată de 500 kW. Apa este pompată de la adîncimea de 2 950 m, are o temperatură de 85°C și o presiune de 4—5 at. În premieră mondială apare folosirea dioxidului de carbon, care adaugă apei o presiune de 120 atmosfere. Energia electrică în parte asigură necesarul de energie al institutului, restul este conectat la sistemul energetic național. În treapta a doua a instalației este încălzirea incintei, a laboratoarelor și a serei institutului, urmînd în proiect alte acțiuni la fel de meritorii.

Alte preocupări pentru folosirea potențialului geotermic

În ultimele decenii a fost pusă problema folosirii potențialului geotermic fără a se mai căuta zăcăminte și structuri hidrogeotermice. Înlocuirea acestor surse se poate face apelînd la căldura intruziunilor magmatice ridicate în grosimea scoarței. Aceste intruziuni sînt „cuptoare" fierbinți uscate, cu o energie termică de durată geomilenară. Ar fi necesar un vector care să transporte la suprafață energia primită de la intrusiune. Acest vector este apa, un material cu o mare capacitate de a înmagazina (stoca) energia termică.

Exploatarea urmează a se face cu ajutorul unor perechi de sonde. Prin una din sonde se pompează apă, care ajunge în sursa fierbinte, în care, prin explozii provocate de la exterior, se creează spații pentru înmaga-

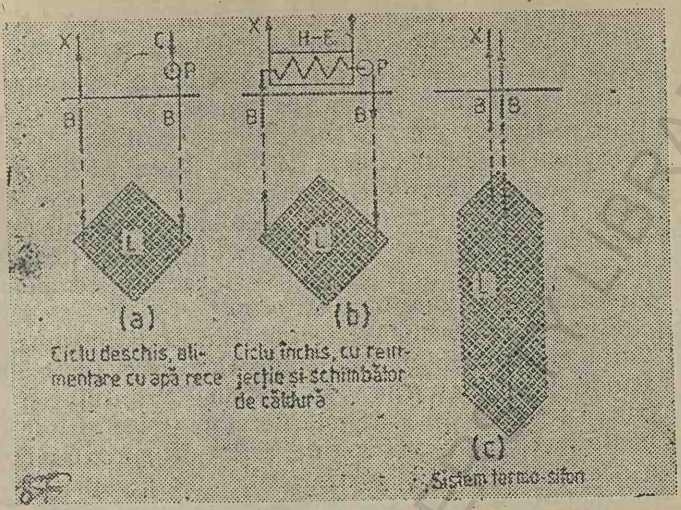


Fig. 23. Exploatarea căldurii terestre prin circulație forțată de apă în „orizonturi permeabile" create artificial: B — găuri de sondă, C — alimentare cu apă rece, H—E schimbător de căldură, L — labirint permeabil creat artificial, P — pompă de injectat în subteran, X — ieșire căldură extrasă din subteran.

zinarea apei. Vaporii de apă rezultați ajung la suprafață prin sonda a doua, sonda colectoare.

Cercetările geofizice privind subsolul țării noastre au identificat prezența unor intruziuni magmatice în Cîmpia de Vest și în Platforma Moesică. Valorificarea acestui potențial energetic de la adîncimi de peste 6 000 m devine o preocupare de viitor oferită de oamenii de știință și susținută de tehnica și tehnologiile indigene de foraj.

Apar unele aspecte care constrîng și frînează pentru moment această idee: transportul de izotopi radioactivi din interior la suprafață; depășirea greutăților din perioada de însușire a metodei; pentru unele structuri cu conținut carbonatic, plasarea filtrelor cu schimbători de ioni spre a evita formarea de cruste în interiorul instalațiilor de la suprafață. Problema prețului de cost nu poate fi prohibitivă, dată fiind asigurarea energiei pentru o durată foarte lungă de timp.

ALTE „SURSE" DE ENERGIE

Înainte de declanşarea crizei petrolului, s-a creat o concepţie falsă asupra bogăţiei de surse energetice. Izvoarele care alimentau rîuri de hidrocarburi la consumatorii pierduţi în euforia lor, se credea că pleacă dintr-un corn de aur al abundenţei, fără sfîrşit. Avertismentele date de specialişti referitor la epuizabilitatea apropiată a hidrocarburilor nu a produs reacţii decît cînd ţările producătoare au început să ridice preţul, apoi să reducă producţia, cu avertizarea că preţul hidrocarburilor mai poate fi ridicat, cînd acele ţări producătoare (unele avînd rezerve bogate) au început să prelucreze în unităţi proprii, să-şi creeze o industrie proprie şi să discute altfel...

S-a creat o stare de tensiune care a cuprins întreaga omenire. Se fac eforturi în toate direcţiile spre a găsi modalităţi pentru continuarea gradului de civilizaţie şi de confort atins. Intervine preocuparea pentru a se ridica nivelul de trai al ţărilor nedezvoltate ceea ce aduce un spor mai mult decît dublu al consumului de energie în lume faţă de cel actual.

Preocupări prezente

Se pun trei probleme care se dezvoltă în mod logic: economisirea energiei, completarea cu alte surse, înlocuirea actualelor surse energetice, în pas cu epuizarea lor, deci fără goluri al căror efect ar fi un dezastru.

Economisirea energiei este prima sursă de energie. Se poate face numai prin instalaţii cu randament ridicat, prin transport cu pierderi minime, prin consum controlat. Aceasta presupune pricepere şi conştiinţă profesională şi cetăţenească. Efortul intelectual şi cetăţenesc conjugat cu al economiştilor va găsi soluţii pentru a restrînge marii consumatori de energie în viitor. Ţările mai sărace în resurse energetice vor evita riscul unei depen-

dențe economice de surse străine. Acest deziderat devine utopic în cazul unor țări pe care natura teritoriului propriu nu le-a favorizat cu asemenea bogății. Pentru acestea numai o nouă ordine economică și de cooperare internațională ar fi salutară.

Deocamdată se fac cercetări în continuare pentru deschiderea de noi cîmpuri și zăcăminte de combustibili și pentru completări în nevoile energeticii prin tehnologii care să crească randamentele.

Magnetohidrodinamica (MHD). Este o tehnologie promițătoare, în sensul că ridică randamentul centralelor de forță pînă la 50% față de 40%, realizarea maximă a unor instalații existente. Cu ajutorul MHD se asigură o economie de combustibil de 20%, exemplu generatorul MHD de la Reazan (U.R.S.S.). Prin aceste generatoare se pot asigura puteri instalate pînă la 1 000 MW. Se prevede ca în viitor centralele termoelectrice și reactoarele atomice să funcționeze împreună cu generatoare MHD, pentru ridicarea eficienței economice.

Motorul cu cărbune praf. S-a insistat în capitolul 4 asupra tehnologiilor de extracție a benzinei și a metanului din cărbuni. Pentru această metodă se cere un consum de energie în raportul de trei tone cărbune convențional pentru a rezulta o tonă de benzină.

Se cunosc de mult timp accidentele din minele de cărbuni, prin explozii ale prafului de cărbune. Prin activitatea minieră se produce un praf fin de cărbune care se răspîndește în aerul minei. Este suficientă cantitatea de 70 grame de praf fin ca să formeze un amestec explozibil sub acțiunea unei scîntei sau flăcări deschise.

Specialiștii de la „General Motors" au construit la centrul de cercetări Waren din statul Michigan un motor de 85 CP, care funcționează cu praf de cărbune cu dimensiunea de trei microni. Motorul nu diferă mult de cel actual, cu benzină. Alimentarea cu praf de cărbune garantează o durată de funcționare de 11 000 ore, deci parcurgerea a 300 000 km fără defecțiuni prea mari.

Pompa de căldură este un transformator de energie cu care se face un transfer de căldură dintr-un

mediu mai rece într-un mediu mai cald, dintr-o încăpere mai rece în alta mai caldă, de afară, unde aerul este mai rece în incinte industriale, în hale, în săli publice ș.a., pentru a menține o căldură convenabilă.

Se construiesc un număr mare în Statele Unite, Franța, Elveția, U.R.S.S., R. F. Germania, R. G. Germană ș.a. În România problema este dată în rezolvare întreprinderii Tehnofrig din Cluj-Napoca.

Pilele Karpen constituie o preocupare în mai multe centre de cercetare din străinătate. În urmă cu 60 de ani, inginerul Vasilescu-Karpen a inventat un asemenea generator, care în acel timp nu a fost apreciat. În împrejurările actuale, idei, care nu au avut răsunet la timpul lor, sînt reluate.

În prezent apar o serie de alternative care se referă la surse energetice de durată mai întinsă (cărbunii) și la surse energetice nelimitate, raportate la nivelul de maturitate atins de tehnologiile cu care se întrevede punerea lor în exploatare.

Folosirea noilor surse

Hidrogenul, metanolul, amoniacul pot fi considerate substanțe interesante pentru înlocuirea actualelor resurse energetice.

Hidrogenul este cunoscut prin marea lui capacitate energetică de mai mult timp în instalații de laborator de capacitate mică. Cercetările actuale se îndreaptă înspre tehnologii care să asigure energia electrică și tehnologiile chimice la scară planetară prin hidrogen.

Pentru nevoile trecutului apropiat și în prezent, hidrogenul se obține din hidrocarburi care și fără acest consum vor fi deficitare în viitor. Sursa cea mai importantă și inepuizabilă pentru obținerea hidrogenului este apa. Un procedeu cunoscut este cel al electrolizei apei, pentru care este necesară energie electrică, deficitară. O soluție ar fi folosirea energiei nucleare la descompunerea apei, dar și aceasta este limitată de constrîngeri și riscuri: combustibili nucleari prin consum ridicat al izotopului uraniu-235 duc la epuizarea lui apropiată; la

scară mondială, centralele nucleare electrice încă nu au rezolvată depozitarea deșeurilor și securitatea mediului, securitatea vieții.

Metanolul este un carburant lichid, cu ardere completă, nepoluantă, proprietăți care îl recomandă ca un bun înlocuitor al benzinei. Poate fi obținut din gazul de sinteză, din hidrocarburi, din cărbuni prin gazeificare. În prezent se fac cercetări pentru transformarea metanolului în benzină.

Amoniacul, ca și metanolul, la scara nevoilor energetice, în procedeul tehnologic de sinteză are nevoie de aceeași materie primă, care este hidrogenul. Colaborarea dintre chimiști și energeticieni este singura cu putere de decizie.

Din nou despre energia nucleară

Pînă la realizarea fuziunii nucleare, cea mai mare importanță se acordă fisiunii nucleare.

În *fisiunea nucleară* se produce o dezintegrare controlată a atomilor unor metale grele, cu degajare de căldură. În *fuziune* se produce o contopire a unor elemente ușoare într-un element mai greu. Din patru nuclee de hidrogen se obține un nucleu de heliu, eliberîndu-se o enormă cantitate de energie. Fuziunea nucleară se poate realiza însă numai la temperaturi de 50—100 milioane de grade.

În cercetările pentru realizarea fuziunii se folosesc doi izotopi ai hidrogenului: deuteriul care se găsește în apă în proporție de 1 : 5 000 și tritiul care se obține în mod artificial prin bombardarea litiului cu deuteriu. Energia obținută prin transformarea unui kilogram de hidrogen în heliu este egală cu cea obținută prin arderea cantității 15 000—20 000 tone cărbune convențional.

Cercetări ample se fac în U.R.S.S., S.U.A., Japonia ș.a.

Activitatea de cercetare se face în cadrul a trei programe de noi instalații „Tokamak", deocamdată în faza de proiectare, angajînd peste 700 de specialiști (fizicieni,

ingineri, chimiști). Se speră că se va realiza în 30—40 de ani.

Se apreciază că realizarea fuziunii nucleare controlate va rezolva definitiv nevoia de energie. Se lucrează intens în cîteva centre pentru obținerea temperaturilor foarte înalte a plasmei în care să se producă fuziunea, o reacție nucleară controlată.

Dar și această binefacere așteptată își are neajunsurile ei.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BIBLIOGRAFIE

Airinei Ștefan (1977), *Geofizica pentru geologi*, Edit. Tehnică, București;

Airinei Ștefan (1981), *Potențialul geotermic al subsolului României*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Alain M. (1965), *Énérgie aristocratique au four solaire d'Odeillo*, în: „Science et Vie", 6, 1965;

Ardelean Z., Folescu G. (1980), *Captatoare solare*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Badea Ion (1986), *Resursele de apă — avuție națională*, în „Știință și tehnică", 4/1986;

Balteș N. (1980), *Considerații palinologice privind diageneza sedimentelor la adîncimi mari și formarea zăcămintelor de hidrocarburi din România*, în: „Mine, petrol, geologie", 7/1980;

Balteș N. (1980), *Algele și importanța lor în geneza hidrocarburilor;* în: „Mine, petrol, geologie", 12/1980;

Beca C., Visoțchi I. (1968), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze*, Edit. Tehnică, București;

Bienvenu Cl. (1982), *Ce este energia?*, Edit. Tehnică, București;

Bleahu M., Maftei Maria (1979), *Energia și apărarea naturii*, în: „Energia în următoarele trei decenii", coordonatori M. Maliță și C. Mihăliescu, Edit. Academiei R.S.R., București;

Bogdan S., Spiridon D. (1979), *Dezvoltarea hidroenergeticii românești în cadrul utilizării complexe a cursurilor de apă*, în: „Energetica", 7—8/1979;

Brown Geoffray (1982), *The energy budget of the Earth.*, în: „The Cambridge Encyclopedia of Earth Sciences", Grown Publichers Inc., Cambridge University Press, New York;

Chifane-Drăgușani C. (1985), *Peisaje în mișcare*, Edit. Albatros, București;

Dănilă N. (1979), *Energetica nucleară în următorii 30 de ani*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Drury A. Stephen (1982), *The economics resources*, în „The Cambridge Encyclopedia of Earth Sciences", Grown Publ. Inc., Cambridge University Press, New York;

Furon R. (1967), *Problema apei în lume*, Edit. Științifică, București;

Gavăt I. (1964), *Geologia petrolului și gazelor*, Edit. Didactică și Pedagogică, București;

Gheorghe A., Roman P. (1978), *Dosarul energiei nucleare: risc și securitate*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Gheorghe A., Roman P. (1979), *Posibilități — opțiuni — decizii — modele și metode de stabilirea strategiilor energetice*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Goidea D. (1979), *Hidrogenul, metanolul, amoniacul vor restructura energetica?* în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Herbst C., Lețea I. (1974), *Resursele energetice ale Pământului*, Edit. Științifică, București;

Hüfele Wolf și colab. (1981), *Energia într-o lume finită*, Edit. Politică, București, 1983;

Ionescu Constantin (1986), *Energia apelor țării*, în „Știință și tehnică", 4/1986;

Iulian C., Lazăr P. D. (1982), *Energia valurilor — captare și conversie*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Junie P. (1982), *Viitorul aurului negru*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Lazăr C. (1979), *Rezervele energetice mondiale și criza energiei*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Lazăr C. (1976), *Folosirea bacteriilor în procedeele de migrare a țițeiului din zăcăminte*, în: „Mine, petrol, geologie", 10/1976;

Lăzărescu V. (1980), *Geologie fizică*, în: „Mine, petrol, geologie", 9/1980;

Mereuță I. V., Mereuță C. (1979), *Utilizarea resurselor energetice secundare*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Mihăileanu C. (1979), *Supertul energetic al viitorului*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Milcoveanu D. (1984), *Geotermia și petrolul*, Edit. Facla, Timișoara;

Moțoiu C. (1979), *Dezvoltarea economiei naționale în fața problemelor energiei*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Mușat I. (1980), *Pădurea, scut și bogăție*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Niederkorn I., Lemnaru Gabriela (1980), *Combustibilii nucleari*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;

Nițu V., Stăncescu I. D. (1979), *Transferul de tehnologii și cooperarea internațională în energetică*, în: „Energetica în următoarele trei decenii", Edit. Adacemiei R.S.R., București;

Nițu V., Pantelimon Lucia, Ionescu C. (1980), *Energetica generală și conversia energiei*, Edit. Didactică și Pedagogică, București;

Noureanu Al. (1979), *Limitele hidroenergiei*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Oprea C. V., Lupei N. (1975), *Echilibre și dezechilibre în biosferă*, Edit. Facla, Timișoara;

Paraschiv, D., (1979), *Lupta pentru hidrocarburi*. în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Paraschiv D. (1980), *Concepții noi în activitatea de prospecțiuni și explorări pentru hidrocarburi în Platforma Moesică*, în: „Mine, petrol, geologie", 3/1974;

Pavel D. (1979), *Unele probleme energetice de perspectivă*, în: „Energetica" 7—8/1979;

Petrescu I., Petrescu C. Fl. (1983), *Cărbunii fosili*, Edit. Tehnică, București;

Popa T. (1979), *Noua tinerețe a cărbunelui*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Popescu C., Florescu Al. (1979), *Diversitatea și ponderile resurselor neconvenționale*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Popescu I., Turcu E. (1978), *Energie, încotro?*, Edit. Scrisul Românesc, Craiova;

Popovici I., (1980), *Terra, prezent și viitor*, Edit. Albatros, București;

Preda D. (1979), *Energie? dorim să trăim. Vom găsi totdeauna resursele necesare?*

Purica I. (1979), *O mare așteptare a energeticii nucleare: reactorul cu neutroni rapizi reproducător*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;

Purica I. (1979), *Energetica astăzi și mîine*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București;
Răileanu Gh. și colab. (1963), *Geologia zăcămintelor de cărbuni*, Edit. Tehnică, București;
Servain-Schreiber J.J. (1980), *Sfidarea mondială*, Edit. Politică București;
Stancu V. (1982), *Flacăra biogazului*, Edit. Ceres, București;
Stănescu V. (1982), *Aspecte noi privind metanogeneza în bazinul Transilvaniei*, în: „Mine, petrol, geologie" /82;
Stănescu V. (1983), *Formarea petrolului și a zăcămintelor de petrol*, Edit. Tehnică, București;
Șerbănescu Ilie (1984), *Terra, portret în alb-negru*, Edit. Albatros, București;
Taton R. (1970), *Istoria științei*, Edit. Științifică, București;
Tarling Donald (1982), *The croust of the Earth*, în: „The Cambridge Encyclopedia of Earth Sciences", Grown Publ. Inc. Cambridge University Press, New York;
Tătaru S. (1968), *Uraniul*, Edit. Științifică, București;
Teodorescu C. (1979), *De la energia Soarelui la utilizarea ei practică*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;
Toffler A. (1981), *Al treilea val*, Edit. Politică, București;
Ursu I. (1973), *Energia atomică*, Editura Științifică, București;
Ursu I. (1979), *Energetica și progresul tehnico-științific în următoarele trei decenii*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;
Vasilescu N. (1979), *Energetica nucleară „clasică" — promisiuni, realități, implicații*, în: „Energia în următoarele trei decenii", Edit. Academiei R.S.R., București;
Vlad I. (1982), *Energia vîntului*, Edit. Tehnică, București;
Ziwojin Dordević (1965), *Geologijia ugljeva*, Beograd.

CUPRINS

O mare problemă a omenirii (Viorel Sălăgean) 5
Prefață 17

Partea întîi

ENERGIA. SURSE ENERGETICE

Capitolul 1

SCURT ISTORIC AL DEZVOLTĂRII ENERGETICII . . 21
Pionierat în energetică 22
Energetica secolului al XX-lea 23
Surse de energie 24
Surse de energie externă 24
Surse de energie internă 28
Conversia energiei. Forme ale energie 35
Randamente energetice 37
Clasificarea surselor energetice 39

Capitolul 2

CONSUMUL DE RESURSE ENERGETICE 40
Consumul de energie în dezvoltarea istorică a omenirii . 40
Rezervele de combustibili și producția de energie . . . 42
Structura balanței energetice 46
Consumatorii de energie 46
Impactul cu mediul înconjurător 46

Partea a doua

SURSELE ENERGETICE CONVENȚIONALE 52

Capitolul 3

GENERALITĂȚI 52

Capitolul 4

LEMNUL ȘI MASA VEGETALĂ ANUALĂ
CA SURSĂ ENERGETICĂ 55

Generalități 55
Repartiția pădurilor pe glob 58
Resursele forestiere ale Terrei 61
Pădurile în România 64
Viitorul pădurilor 65

Capitolul 5

CĂRBUNELE 67
Vechimea cunoașterii și folosirii cărbunelui 67
Formarea cărbunilor, compoziție, structură 69
Clasificarea cărbunilor 70
Cărbunii humici 71
Cărbunii sapropelici 74
Cărbunii liptobiolitici 75
Utilizarea cărbunilor 78
Rezervele mondiale, producția și consumul de cărbune . 82
Răspîndirea geografică a cărbunilor 86
Zăcămintele de cărbune ale continentelor din emisfera nordică 89
Zăcămintele de cărbune ale continentelor din emisfera sudică 102
Zăcămintele de cărbuni din România 103

Capitolul 6

PETROLUL. GAZELE NATURALE 111
Vechimea cunoașterii petrolului 112
Formarea hidrocarburilor și acumularea lor în zăcăminte de petrol și gaze naturale 114
Materia organică. Locul unde se depune 114
Bituminizarea materiei organice 116
Forma de zăcămînt a hidrocarburilor 117
Regiuni geografice favorabile formării hidrocarburilor 119
Originea materiei organice formatoare de hidrocarburi 123
Alte ipoteze cu privire la formarea și acumularea hidrocarburilor 125
Vechimea zăcămintelor de hidrocarburi 126
Adîncimea la care se găsesc hidrocarburile 127
Răspîndirea zăcămintelor de petrol și gaze 128
Producția și rezervele de hidrocarburi 161
Noi utilizări ale petrolului și ale gazelor naturale . . 168
Șisturile bituminoase Nisipurile bituminifere 170

Dinamica cercetării în domeniul hidrocarburilor . . . 173
Pionierat în cercetarea submarină a hidrocarburilor . 174
Zone de perspectivă pentru producția de hidrocarburi . 176

Capitolul 7

RADIOACTIVITATEA. COMBUSTIBILII NUCLEARI . . 179

Scurt istoric 179
Combustibilii nucleari 182
Elemente radioactive cu importanță în energetică . . 182
Minerale și minereuri de uraniu 184
Modul de folosire al combustibililor nucleari 188
Rezervele de combustibili nucleari 192

Capitolul 8

ENERGIA HIDRAULICĂ 207
Distribuția apei pe Pământ. Circuitul apei 207
Apele curgătoare. Marile bazine de ape curgătoare . . . 208
Potențialul energetic al apelor curgătoare 210
Mari hidrocentrale ale lumii 211
Mareele. Energia mareomotrică 214
Potențialul hidroenergetic al României 216

Capitolul 9.

CONCLUZII PRIVIND SURSELE CONVENȚIONALE DE ENERGIE 220

Partea a treia

SURSE ENERGETICE NECONVENȚIONALE

Capitolul 10

SOARELE 230

Scurt istoric al folosirii energiei solare 230
Energia solară în învelișurile exterioare ale Terrei . . . 233
Conversia energiei solare. Tehnologii solare 233
Energia eoliană 239
Energia oceanelor 241
Energia mareotermică 241
Curenții oceanici 242
Valurile oceanice 242

Bioconversia energiei solare. Fotosinteza. Biomasa . . . 243
Conversia biomasei în produși energetici 243

Capitolul 11.
ENERGIA GEOTERMICĂ 249
Originea izvoarelor ferbinți 250
Clasificarea ariilor și a zăcămintelor după valoarea lor geotermică 251
Structuri hidrogeotermice mai importante 251
Potențialul geotermic al subsolului României 252
Utilizarea potențialului geotermic 254
Alte preocupări pentru folosirea potențialului geotermic . 256

Capitolul 12
ALTE „SURSE" DE ENERGIE 258
Preocupări prezente 258
Folosirea noilor surse 260
Din nou despre energia nucleară 261

Bibliografie 263

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In această lume plină de contradicții, dar și puternic angajată în cursa pentru progres, un om, distins profesor român, dr. Nestor Lupei, își înșiră în fraze meticulos orînduite, capitolele unei cărți care fără să o spună răspicat, propune cititorului o incursiune — îndrăzneață și plină de învățăminte — în zestrea energetică a lumii. El nu dă verdicte — și acesta este, poate, unul din meritele cărții — nu propune ierarhii, ci, pur și simplu, constată, cu erudiția omului deprins cu rigorile studiului științific, ce s-a întîmplat și ce se întîmplă cu sursele de energie ale Terrei, cît sînt ele de mari, în funcție de conținut, și cum sînt răspîndite pe glob, ce trebuie să se facă pentru conservarea sau mai judicioasa exploatare a lor, care este „schimbul de mîine" pe care îl pregătește omenirea surselor clasice de energie.

Viorel Sălăgean